

# **IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DE INFORMAÇÃO INTEGRADO NO BIM**

Caso de estudo

**MARTIM BERNARDO RIBEIRO**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES**

---

Orientador: Professor Doutor Miguel Jorge Chichorro Rodrigues  
Gonçalves

---

Coorientador: Mestre Pedro Nuno Mêda Magalhães

JULHO DE 2016

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2015/2016**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2014/2015 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais, Bisavô João e Mariana, a luz da minha vida.

*Procura ser um homem de valor, em vez de ser um homem de sucesso*

*Albert Einstein*



## **AGRADECIMENTOS**

O número de pessoas que tornaram possível a realização desta dissertação é incalculável. Agradeço por isso a todos os meus amigos, professores e colegas pela amizade e aprendizagem.

Ao meu orientador, o Professor Doutor Miguel Jorge Chichorro Rodrigues Gonçalves, cuja dedicação e paixão pela inovação e progresso da Engenharia Civil é contagiante. Em momento algum me senti perdido graças ao seu apoio, dedicação e competência.

Ao meu coorientador, Mestre Pedro Nuno Mêda Magalhães por toda a ajuda técnica disponibilizada ao longo do desenvolvimento deste trabalho. O que aprendi consigo é verdadeiramente inestimável.

Um agradecimento especial à Conduril e à Refer pela cedência de elementos indispensáveis à realização deste trabalho.

Aos meus pais, Eurico e Cristina Ribeiro por todo o amor e apoio durante o meu desenvolvimento e formação como pessoa.

À Mariana Amaral. É por ti que todo este esforço valeu a pena.

Para todos o meu mais sincero Muito Obrigado.



## RESUMO

A introdução de tecnologias e metodologias associadas ao *Building Information Modeling* (BIM) apresentam-se cada vez mais como sendo ferramentas importantes para dar resposta aos desperdícios e necessidades de eficiência na indústria da construção. As empresas que utilizam tecnologias CAD estão a fazer uma adoção progressiva de sistemas BIM devido ao seu potencial.

Apesar da implementação do BIM representar o progresso natural na inovação da indústria, há ainda muitas problemáticas por resolver. Problemas de implementação e de utilização generalizada são muito relevantes atualmente.

A presente dissertação explora um caso de estudo de uma ponte metálica por se tratar de uma estrutura de complexidade moderada e de elevada repetição tendo em conta o plano estratégico nacional português, que pretende fazer uma expansão e modernização das linhas férreas. A obra ferroviária em causa é uma passagem superior de peões. Elementos de diferentes especialidades foram modelados no Revit para posteriormente se proceder à análise da sua implementação.

A metodologia consistiu em modelar parte da obra no Revit, após o que se procedeu a uma análise entre os elementos de projeto, no ProNIC e no Revit para averiguar o nível de especificação dos objetos nativos do Revit. Foi feitas comparações ao nível do detalhe gráfico entre elementos desenhados do projeto e do modelo, e uma análise ao nível da informação de cada família de objetos abordada.

Conclui-se que apesar dos softwares de suporte à metodologia BIM, como o Revit, apresentarem vantagens imediatas às empresas que os adotem, todo o processo associado ao BIM não pode passar somente pelo uso destes softwares. Ao nível gráfico, verificou-se que há de facto vantagens imediatas quando comparado com softwares CAD. Ao nível da informação, no entanto, ainda há um longo caminho a percorrer visto que será necessário que a quase totalidade das empresas envolvidas na indústria da construção, designadamente os produtores de materiais, tomem parte no processo. O grande obstáculo prende-se com a falta de Objetos paramétricos para utilizar em modelos. Ainda que seja possível às empresas de projeto e construção criarem os seus próprios objetos, esta tarefa revela-se economicamente inviável e incompatível com os prazos em muitos dos casos.

**PALAVRAS-CHAVE:** BIM, Revit, ProNIC, Informação, Objetos paramétricos.





## ABSTRACT

The introduction of technologies and methods associated with *Building Information Modelling* (BIM), gradually present themselves as more and more important to present the construction industry with solutions that allow the reduction of wastes. Companies that utilize CAD software are gradually adopting BIM methodologies due to their potential.

Despite the fact that BIM implementation is the industries natural path, there are still other problems to solve. Implementation and usage problems currently represent two of the biggest challenges today.

This thesis explores a real-world case study of a railroad facility because it represents a moderately complex structure with a repetitive nature. This choice follows the fact that there is a railroad expansion plan for the following years in Portugal. The facility in question is a railroad pedestrian overpass. Elements from different specialities were modelled in Revit for follow-up analysis.

The approach taken, consisted of modelling a part of the facility in Revit, proceeded by a comparative analysis between project elements, ProNIC and Revit to find out if how rich Revit objects are. An analysis has been made to compare between the graphic detail of the original project elements and the Revit model. Afterwards, another analysis was made to identify the level of information present in Revit native family objects.

It was concluded that, despite the fact that BIM software, like Revit, presents companies with immediate advantages, the whole process associated with BIM isn't simply accomplished by the use of software. On a graphic level, it was verified that there are in fact major advantages when compared to CAD software. On an information level, however, there is still a long way to go because of the fact that most companies need to take part on BIM for it to work. The biggest obstacle found was that there still aren't enough "robust" objects to use on models. Even if it's possible for companies to develop their own objects, it still isn't economically viable for most of them.

KEYWORDS: BIM, Revit, ProNIC, Information, Objects.



## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	i
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
 <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	 1
1.1. ENQUADRAMENTO DA DISSERTAÇÃO .....	1
1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS .....	1
1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	3
 <b>2. ESTADO DE ARTE</b> .....	 5
2.1. INTRODUÇÃO HISTÓRICA .....	5
2.1.1. <i>SOFTWARES</i> CAD 2D .....	5
2.1.2. REPRESENTAÇÃO 3D .....	5
2.2. O QUE É O BIM .....	7
2.2.1. DEFINIÇÃO DE BIM .....	7
2.2.2. CAD 3D E BIM .....	8
2.3. DEFINIÇÕES ASSOCIADAS .....	9
2.3.1. CONCEITOS .....	9
2.3.2. NÍVEIS DE MATURIDADE .....	9
2.3.3. NÍVEIS DE DETALHE - LOD .....	10
2.3.4. NÍVEIS DE INFORMAÇÃO .....	12
2.4. PROCESSO CONSTRUTIVO CORRENTE EM PORTUGAL, <i>RIBA PLAN OF WORKS</i> E PRONIC .....	13
2.4.1. PARALELISMOS ENTRE O <i>RIBA PLAN OF WORKS</i> E O PROCESSO CONSTRUTIVO CORRENTE .....	13
2.4.2. PRONIC .....	14
2.5. DESAFIOS ATUAIS .....	15
2.5.1. SISTEMAS DE CONCEÇÃO E DE PRODUÇÃO INTEGRADOS .....	15
2.5.2. DESAFIOS DE INDÚSTRIA E <i>MACRO-BIM</i> .....	17
 <b>3. METODOLOGIA E ABORDAGEM DO CASO DE ESTUDO</b> .....	 23

<b>3.1. INTRODUÇÃO</b>	23
<b>3.2. APRESENTAÇÃO DA EMPREITADA</b>	23
3.2.1. INTRODUÇÃO À OBRA	23
3.2.2. PROJETO	24
<b>3.3. METODOLOGIA</b>	26
3.3.1. ENQUADRAMENTO	26
3.3.2. METODOLOGIA	27
<b>4. IMPLANTAÇÃO EM REVIT DO CASO DE ESTUDO</b>	33
<b>4.1. INTRODUÇÃO</b>	33
<b>4.2. REVIT, OBJETOS, FAMÍLIAS E TEMPLATES</b>	33
4.2.1. AMBIENTE REVIT	33
4.2.2. OBJETOS	34
4.2.3. FAMÍLIAS DE OBJETO	35
4.2.4. TEMPLATES	37
<b>4.3. IMPLANTAÇÃO</b>	37
4.3.1. PEÇAS DESENHADAS E CAD	37
<b>4.4. MODELAÇÃO</b>	39
4.4.1. INTRODUÇÃO	39
4.4.2. MODELAÇÃO DE FAMÍLIAS DE OBJETOS	39
4.4.3. IMPLANTAÇÃO	45
4.4.3.1. Pilares	45
4.4.3.2. Escadas	47
4.4.3.3. Caixas de elevadores	49
<b>5. ANÁLISE DO PROJETO</b>	53
<b>5.1. INTRODUÇÃO</b>	53
<b>5.2. ERROS</b>	53
5.2.1. INTRODUÇÃO	53
5.2.2. CACHORROS METÁLICOS	53
5.2.3. CAIXAS DE ELEVADOR	56
5.2.4. ERROS DE DESENHO	57
<b>5.3. OMISSÕES</b>	57

5.3.1. CHAPAS METÁLICAS.....	58
------------------------------	----

## **6. CONFRONTAÇÃO DA INFORMAÇÃO ENTRE ELEMENTOS DE PROJETO, REVIT E PRONIC..... 61**

<b>6.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>61</b>
------------------------------	-----------

<b>6.2. REVIT .....</b>	<b>61</b>
-------------------------	-----------

6.2.1. INTRODUÇÃO AO NÍVEL DE INFORMAÇÃO DE OBJETOS .....	61
---	----

6.2.2. ESTRUTURA METÁLICA.....	63
--------------------------------	----

6.2.2.1. Introdução.....	63
--------------------------	----

6.2.2.2. Materiais .....	64
--------------------------	----

6.2.2.3. Vigas.....	65
---------------------	----

6.2.2.4. Pilares.....	70
-----------------------	----

6.2.2.5. Escadas e guarda-corpos .....	71
--	----

6.2.2.6. Painéis metálicos verticais e horizontais.....	76
---	----

6.2.3. SINALÉTICAS .....	77
--------------------------	----

6.2.4. LUMINÁRIAS .....	79
-------------------------	----

<b>6.2. MAPAS DE QUANTIDADES E TRABALHOS, E PRONIC .....</b>	<b>83</b>
--	-----------

## **7. CONCLUSÃO..... 85**

<b>7.1. CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>85</b>
-------------------------------------	-----------

<b>7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....</b>	<b>86</b>
--	-----------

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 87**

## **ANEXOS..... 89**



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1.1 – Plano estratégico para a extensão da rede ferroviária nacional.....	2
Fig.2.1 – Esquema representativo de representação em CSG .....	6
Fig.2.2 – Esquema representativo de representação em <i>BREP</i> .....	6
Fig.2.3 – Exemplificação de um software de metodologia <i>BIM</i> .....	7
Fig.2.4 – Exemplo de software <i>CAD 3D</i> .....	8
Fig.2.5 – Exemplo de software de metodologia <i>BIM</i> .....	8
Fig.2.6 – Níveis de Maturidade associados ao <i>BIM</i> .....	10
Fig.2.7 – Esquematização dos diferentes <i>LOD</i> .....	12
Fig.2.8 – Descrição do processo construtivo em Portugal.....	13
Fig.2.9 – Comparação entre o <i>RIBA Plan of Works</i> e o processo construtivo corrente .....	14
Fig.2.10 – Esquematização do funcionamento do ProNIC® .....	15
Fig.2.11 – Imperativos do <i>IDDS</i> .....	16
Fig.2.12 – Relação entre as 9 áreas de difusão para implementação do <i>Macro-BIM</i> propostas em: <i>Automation in Construction</i> .....	17
Fig.2.13 – Rntidades fundamentais para aplicação de Macro-BIM em: <i>Automation in Construction</i> ....	19
Fig.2.14 – Prioridades do <i>IDDS</i> .....	21
Fig.3.1 – PSP Águas Santas / Palmilheira .....	24
Fig.3.2 – Implantação da PSP.....	24
Fig.3.3 – Alçado da PSP .....	25
Fig.3.4 – Corte da PSP .....	25
Fig.3.5 – Esquema da metodologia.....	28
Fig.3.6 – Evolução ideal da informação ao longo do processo construtivo .....	32
Fig.4.1 – Altura de pilar metálico P3 parametrizada .....	34
Fig.4.2 – Pormenor da base do pilar P3 .....	35
Fig.4.3 – Alçado de parede genérica com 4m de altura .....	36
Fig.4.4 – Exemplo de algumas das propriedades de uma parede .....	36
Fig.4.5 – import CAD auxiliar num alçado na criação de níveis .....	38
Fig.4.6 – import CAD auxiliar no nível 1 do projeto.....	39
Fig.4.7 – Exemplos de templates nativos do Revit© para modelação de famílias .....	40
Fig.4.8 – a) Corte; b) alçado: base do Pilar P1 .....	41
Fig.4.9 – Barra de Ferramentas do criador de famílias do Revit©.....	41
Fig.4.10 – Extrusão exemplo da base do pilar P1 .....	42

Fig.4.11 – Extrusão completa do pilar .....	43
Fig.4.12 – a) Adição e b) Edição de parâmetros.....	44
Fig.4.13 – Seleção da categoria de famílias .....	45
Fig.4.14 – Máscara CAD a preto e objeto Revit© a azul .....	46
Fig.4.15 – Corte do nível 1 com os pilares implantados a vermelho .....	46
Fig.4.16 – Capitel metálico do pilar P1 .....	47
Fig.4.17 – Vista de cobertura in situ.....	48
Fig.3.18 – Alçado lateral da escada em projeto sobreposto ao modelo em Revit©.....	48
Fig.4.19 – Apoios laterais da escada, Perfil UNP 180 .....	49
Fig.4.20 – Alçado exemplo da caixa de Elevadores .....	50
Fig.4.21 – Exemplo de painel metálico caixa de elevadores .....	51
Fig.5.1 – Exemplo da incoerência de dimensões num cachorro metálico.....	54
Fig.5.2 – Elementos em chapa da ligação entre pilares e escadas.....	54
Fig.5.3 – a) Vista geral do cachorro; b) Pormenor da sobreposição das chapas.....	55
Fig.5.4 – Solução proposta para os elementos de ligação do cachorro .....	55
Fig.5.5 – Comparação entre: a) desenho de pormenor e b) mapa de quantidades e trabalhos .....	56
Fig.5.6 – Exemplo da interseção de dois perfis TNP 100 no Revit©.....	56
Fig.5.7 – a) Alçado e planta em AutoCAD©; b) Pormenor: alçado a azul e planta a vermelho e preto .....	57
Fig.5.8 – Exemplos de chapas metálicas com dimensões omissas .....	58
Fig.5.9 – Planta estrutural metálica do passadiço .....	59
Fig.6.1 – Objeto genérico (metric generic model.rfa).....	62
Fig.6.2 – Categorias de famílias estruturais nativas do Revit© .....	62
Fig.6.3 – Propriedades tipo de um Generic Model no Revit©.....	63
Fig.6.4 – Propriedades de um pilar estrutural P1.....	64
Fig.6.5 – Propriedades físicas do Aço S275 no Revit© .....	65
Fig.6.6 – Viga TNP 90 disposta na caixa de elevadores .....	66
Fig.6.7 – Exemplo representativo da edição do parâmetro “Código de montagem” .....	66
Fig.6.8 – Parâmetros de tipo das vigas.....	67
Fig.6.9 – Elementos pertencentes à família de T-Tees .....	67
Fig.6.10 – Ficheiro .txt pertencente à família de T-Tees .....	68
Fig.6.11 –Parâmetro de tipo “Análise estrutural” .....	69
Fig.6.12 – Exemplo das propriedades de uma viga.....	69
Fig.6.13 – Exemplo das propriedades de um pilar.....	70



Fig.6.14 – Exemplo das propriedades de uma escada.....	71
Fig.6.15 – Propriedades de tipo de um vão de escadas.....	72
Fig.6.16 – Propriedades de tipo de um lance não monolítico .....	73
Fig.6.17 – Propriedades de tipo de uma família de banzos.....	74
Fig.6.18 – Propriedades de um guarda-corpos.....	74
Fig.6.19 – Propriedades de tipo de um guarda-corpos.....	75
Fig.6.20 – Propriedades de uma parede.....	76
Fig.6.21 – Propriedades de tipo de uma parede.....	77
Fig.6.22 – Propriedades gerais de uma sinalética .....	78
Fig.6.23 – Propriedades de tipo de uma sinalética .....	78
Fig.6.24 – Propriedades gerais e de tipo de uma sinalética .....	81
Fig.6.25 – Propriedades de tipo de uma luminária de emergência criada pelo fabricante .....	82



## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Relação entre as 9 áreas de difusão para implementação do <i>Macro-BIM</i> propostas em: <i>Automation in Construction</i> .....	18
Quadro 2.2 – Entidades fundamentais para aplicação de <i>Macro-BIM</i> em: <i>Automation in Construction</i> .....	20
Quadro 3.1 – Justificações apresentadas para as alterações contratuais .....	26
Quadro 3.2 – Mapa de quantidades e trabalhos abordado .....	29
Quadro 6.1 – Mapa de quantidades e trabalhos das luminárias no ProNIC® .....	79



## **SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS**

2D – Duas dimensões

3D – Três dimensões

AEC – Arquitetura, engenharia e construção

BIM – Building information modeling

CAD – Computer aided design

CIB – Conseil International du Bâtiment

Fig. – Figura

IFC – Industry Foundation classes

LOD – Level of development

LOI – Level of Information

MEP – Mechanical electrical and plumbing

mm – milímetros

BD – Base de Dados

IDDS – Integrated Design and Delivery Solutions

ProNIC® – Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção

RIBA – Royal Institute of British Architects

SIG – Sistemas de Informação geográfica

COBie – Construction Operations Building Information Exchange

CSG – Constructive solid geometry

BREP – Boundary representation

PSP – Passagem superior de peões



# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. ENQUADRAMENTO DA DISSERTAÇÃO

A construção representa uma das grandes indústrias da Humanidade. Desde que há registos históricos das civilizações, a construção está sempre presente como uma das mais antigas formas de património. Estas construções podem ter carácter bélico, funcional, religioso ou até mesmo artístico.

Atualmente, o setor da construção civil mantém a mesma posição de importância. E com grandes indústrias advêm naturalmente grandes desperdícios. Um dos grandes desafios da indústria nos dias de hoje é procurar novos métodos e formas de dar resposta à ineficiência que está muitas vezes, e de um modo negativo, associada à construção civil. Além disso, a natureza dos mercados atuais e os fenómenos associados à globalização obrigam as empresas do sector a tornarem-se mais competitivas, sob a possível pena de se tornarem obsoletas e consequentemente cessarem funções.

Felizmente, o desenvolvimento e progresso tecnológico acompanham e influenciam o mundo empresarial diretamente. O aparecimento do computador permitiu implementar ferramentas indispensáveis nos dias de hoje. O *BIM*, e todas as teorias associadas, aparece na vanguarda tecnológica atual e promete revolucionar todo o mercado da construção. Apesar de já ser utilizado em alguns países, sendo que noutros já é mesmo obrigatório o seu uso, ainda existem muitos problemas por resolver. Os desafios da indústria ao nível do *BIM* passam não só pela sua implementação, mas também por problemas que transcendem o uso de *softwares*.

O *BIM* possibilita a utilização de *softwares* de modelação por objetos permitindo realizar projetos de uma forma mais eficiente e menos dispendiosa a longo prazo. Além disso, e esse é um dos desafios atuais, as entidades associadas ao *BIM* pretendem criar fluxos de informação unívocos entre as várias entidades da indústria da construção civil. O expoente máximo do *BIM* é permitir que uma equipa de projetistas desenvolva um projeto, num determinado *software* e ao mesmo tempo, com objetos que contenham toda a informação (detalhe gráfico e informação intrínseca) necessária durante aquela fase, e consigam fazer chegar essa mesma informação a todas as entidades que necessitem da mesma. Nas fases seguintes isto pressupõe que não haja perdas de informação entre *softwares* distintos.

### 1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS

A presente dissertação surge da necessidade de compreender algumas das problemáticas do *BIM* no contexto nacional. Este trabalho foi elaborado no âmbito da unidade curricular “Dissertação em Construções”, que visa a obtenção do grau de mestre em engenharia civil no ramo de “construções civis” pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

De acordo com a parceria **Portugal 2020**, que consagra a política de desenvolvimento económico, social, ambiental e territorial em Portugal, definindo as intervenções, os investimentos e as prioridades de financiamento necessárias para promover o crescimento inteligente, sustentável e inclusivo do país, estão planeadas intervenções significativas na rede ferroviária nacional; Figura 1.1 [1].

Caracterização da RFN	2013		2020/2022	
	Extensão (km)	(%)	Extensão (km)	(%)
Rede ferroviária nacional (*)	2.432		2.585	
Rede eletrificada	1.630	67%	2.371	92%
Rede com sistema de sinalização eletrónica e elétrica	1.652	68%	2.200	85%
Rede com sistema de sinalização mecânica	780	32%	385	15%
Rede com sistema de controlo de velocidade (Convel)	1.513	62%	1.215	47%
Rede com sistema ETCS - em funcionamento ou emulado com sistema nacional (Convel)	136	6%	985	38%
Rede com sistema de telecomunicações rádio solo-comboio	1.509	62%	1.509	58%
Rede com sistema GSM-R	0	0%	916	35%

\* Excluindo a rede de bitola métrica (112 km)

Fig.1.1 – Plano estratégico para a extensão da rede ferroviária nacional [1]

Partindo desta realidade, foi selecionada uma passagem superior de peões já existente num troço ferroviário em funcionamento em Portugal para ser estudada no âmbito desta dissertação. O motivo para esta escolha deve-se ao facto de as passagens superiores se tratarem de objetos de moderada complexidade e de se tratarem de construções que vão ser executadas dezenas de vezes no âmbito do plano estratégico nacional. Além disso, estas construções fogem à norma daquilo que podem ser consideradas construções correntes (estruturas porticadas de betão armado), visto tratarem-se de estruturas metálicas. Estes fatores foram decisivos para dar resposta aos objetivos da dissertação.

Nesta dissertação foi modelada e analisada parte desta estrutura com dois objetivos em mente. O primeiro era compreender se há de facto vantagens em usar *softwares* de modelação por objetos que seguem a metodologia *BIM*, nomeadamente o *Revit®*. A existência, ou não, destas vantagens passa por analisar e comparar o projeto original, e o projeto em *Revit®*. Posteriormente verificar-se-á se estas metodologias são mais eficientes do que as práticas atuais. O segundo grande objetivo é analisar o nível de informação dos objetos no *Revit®* e compará-los com o mapa de quantidades e trabalhos do projeto original. Ainda dentro deste objetivo, pretende-se fazer outra comparação entre os elementos descritos anteriormente e um mapa de quantidades e trabalhos normalizado realizado em *ProNIC®*. Através destes passos, compreender-se-á até que ponto a informação presente em *softwares* de modelação por objetos correspondem às exigências nacionais feitas para descrever elementos em obra.



### 1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação é composta por sete capítulos:

No **primeiro Capítulo** faz-se um enquadramento dos temas, acompanhado dos objetivos e âmbito da dissertação.

No **segundo Capítulo** é composto por um estado de arte que pretende identificar e analisar conceitos e entidades relevantes para melhor compreender o corpo da dissertação. Além disso, são referidos conceitos importantes associados àquilo que é o *BIM*.

O **terceiro Capítulo** é composto por uma breve apresentação do caso de estudo e da metodologia adotada para a realização da dissertação. Serão feitos paralelismos entre conceitos “tradicionais” de projeto e conceitos ligados ao *BIM*, assim como justificações para a metodologia seguida.

O **quarto Capítulo** é composto pela explicação e descrição de como funciona o ambiente *Revit®*. É descrito o processo de modelação do projeto original para o *Revit®* acompanhado de detalhes do *software* e conceitos intrínsecos do mesmo.

No **quinto Capítulo** faz uma análise ao projeto em *Revit®*, verificando quais são as diferenças entre o projeto original e o modelo digital. Serão feitas comparações entre os dois com o objetivo de entender que tipos de erros e omissões são espectáveis de encontrar. Este tipo de incompatibilidades compreende essencialmente detalhes gráficos.

No **sexto Capítulo** analisa-se os objetos modelados ao nível da informação. Esta parte da dissertação pretende fazer uma comparação ao nível de informação entre os elementos originais do mapa de quantidades e trabalhos e ProNIC® com os objetos do *Revit®*. O grande propósito é compreender até que ponto os objetos nativos do *Revit®* contêm informação suficiente para dar resposta as exigências da legislação em vigor. Também se verificará se o mapa de quantidades e trabalhos do projeto corresponde a estas exigências.

No **sétimo Capítulo** finaliza-se a dissertação dando uma resposta concreta aos dois principais objetivos propostos. São também descritos possíveis temas para trabalhos futuros.



# 2

## ESTADO DE ARTE

### 2.1. INTRODUÇÃO HISTÓRICA

#### 2.1.1. SOFTWARES CAD 2D

Os percussos dos *softwares* que seguem as metodologias *BIM* foram sem margem para dúvida, os *softwares CAD* (*Computer Aided Design*). Estes foram o resultado da evolução tecnológica nas ciências da computação que permitiram uma transição de desenhos à mão em duas dimensões para o desenho em formato digital. A transição para este novo método de fazer desenhos deu-se entre os finais da década de 1970 e início da década de 1980 [2].

No ano de 1982, começaram a aparecer os primeiros “mini” computadores que ofereciam muito mais capacidades a custos reduzidos. No entanto, só em 1984 é que a tecnologia começou a ser competitiva criando assim um processo de transição dos métodos tradicionais [2].

A *Autodesk*® [3] viria a ser formada por uma equipa de dezasseis pessoas em abril de 1982 na Califórnia por iniciativa de John Walker. A ideia era criar um programa de *CAD* [3] a um preço de 1000 dólares americanos. A primeira versão do *AutoCAD*® foi baseada num programa escrito em 1981 chamado *MicroCAD*. Em 1985, Keith Bentley cria a *Bentley Systems, Inc.*®, fornecendo *CAD* avançado para PC com o *Microstation* [2].

#### 2.1.2. REPRESENTAÇÃO 3D

As representações em 3D e as origens daquilo que correntemente se denomina por “sistemas *BIM*” podem ser datadas a partir dos primeiros dias da computação. Na década de 1960, o engenheiro informático Douglas Carl Engelbart, presenteou o mundo da construção com uma visão inédita. Na sua tese: *Augmenting Human Intellect* [4], Englebart fala sobre a abordagem e eficiência do ser humano relativamente a problemas sistemáticos, na qual apresenta o computador como uma ferramenta com grande potencial. Neste texto, pode ser encontrado um exemplo prático que mostra bem como a sua visão se tornou, de facto, uma realidade nos dias de hoje: “O arquiteto, de seguida, começa a inserir uma serie de especificações e informação – uma laje com 15cm, um muro de betão com 30cm de espessura com 8 pés de altura a partir da escavação, e por aí adiante. Assim que ele terminar, a cena imaginada aparecerá no ecrã. A estrutura está a ganhar forma. Ele examina-a, faz ajustes... A lista do que foi inserido cresce, tornando-se maior o nível de detalhe e a interligação de toda a estrutura, amplificando assim a visão do arquiteto para lá do próprio design original.” [4].

Englebart sugeriu a criação de sistemas de modelação à base de objetos, modelação paramétrica e bases de dados comuns; sonhos que se tornariam realidade vários anos mais tarde. A lista de investigadores

que influenciaram todo o processo é extensa e inclui nomes notáveis como: Nicholas Negroponte, Herbert Simon e Ian McHarg; este último, foi um dos principais impulsionadores da criação de sistemas de Informação geográfica (SIG). O trabalho realizado pelo arquiteto e matemático Christopher Alexander em *Notes on the Synthesis of Form* [5], teve uma influência importante nas ciências da programação, nomeadamente na génese da programação por objetos. Apesar dos ideais e da robustez por detrás destes sistemas, nenhum trabalho poderia ser realizado neles sem uma interface gráfica apropriada.

Nas décadas de 1970 e 1980, começaram a aparecer os primeiros métodos de representação gráfica 3D: *constructive solid geometry* (CSG) e *boundary representation* (BREP). Os CSG funcionam à base de formas, sólidos ou vazios geométricos primitivos (cubos, esferas etc.) que, ao se intersectarem, criam as formas desejadas, mais ou menos complexas. Este desenvolvimento foi especialmente importante para a criação de vãos como janelas ou portas. Os BREP fazem uma representação geométrica com base em faces, arestas e vértices. Os primeiros modeladores BREP só suportavam objetos com faces planas, pelo que superfícies curvas eram modeladas por aproximação linear. Mais tarde, começaram a aparecer objetos primitivos com superfícies analíticas, como cilindros, esferas, cones etc. Estes permitiram a criação de modelos muito mais complexos de geometria “exata”; Figura 2.1 e Figura 2.2 [6].

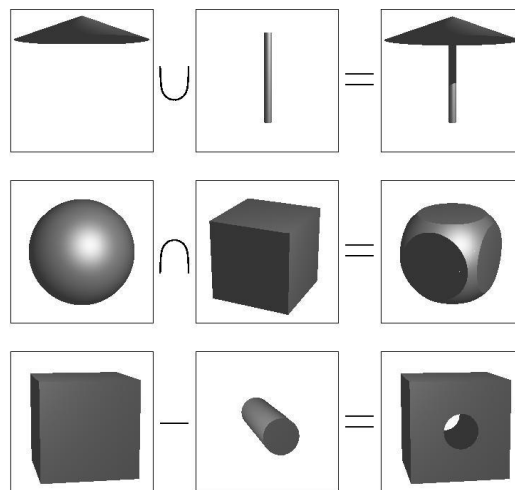


Fig.2.1 – Esquema representativo de representação em CSG [6]

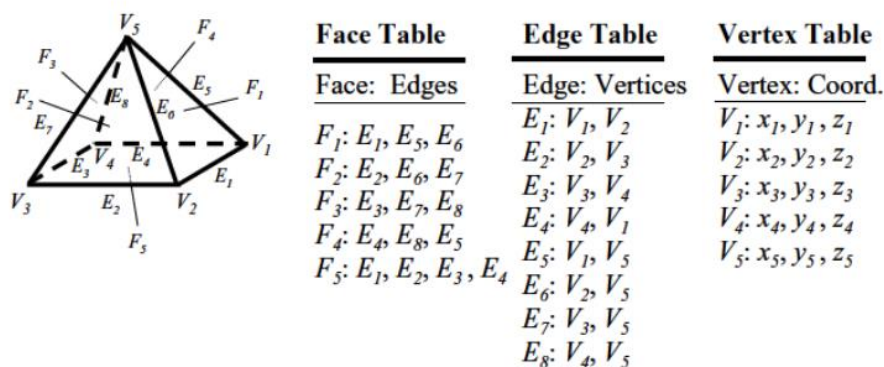


Fig.2.2 – Esquema representativo de representação em BREP [7]

A diferença entre os sistemas de representação assenta essencialmente sobre os seguintes aspetos:

- Os *CSG* guardam uma fórmula algébrica para definição da forma, enquanto que *BREP* armazena os resultados da definição do sólido;
- Os elementos *CSG* podem ser editados e regenerados facilmente, dado que a informação é guardada num formato bastante compacto;
- Combinação de primitivas para gerar um mesmo sólido com *CSG* não é única;
- Representação de sólidos *CSG* é mais lenta do que *BREP*.

## 2.2. O QUE É O BIM

### 2.2.1 DEFINIÇÃO DE BIM

O *BIM* (*Building Information Modeling*), segundo a instituição Norte Americana *National BIM Standard-United States*, é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma infraestrutura. Como tal, serve como uma base de informação partilhada que garante uma forma viável para a tomada de decisões, desde o início da conceção de um projeto até à manutenção da infraestrutura que dele resultar [8].

Os *softwares* de metodologia *BIM* são capazes de representar propriedades físicas e intrínsecas de vários tipos de objetos representativos das mais variadas especialidades. Os utilizadores são capazes de interagir com o modelo a três dimensões, assim como criar vistas ortogonais em planta ou em alçado para melhor interpretar certos pormenores do modelo. Uma das duas maiores vantagens que o modelador obtém ao trabalhar com este tipo de *softwares* são duas: a primeira é a garantia de que ao trabalhar numa planta, ou alçado, o resto do modelo vai ser atualizado, garantindo assim que as alterações em determinados planos ortogonais vão ser atualizadas na vista a três dimensões; a segunda é a liberdade que os modeladores têm ao utilizar objetos paramétricos; Figura 2.3.

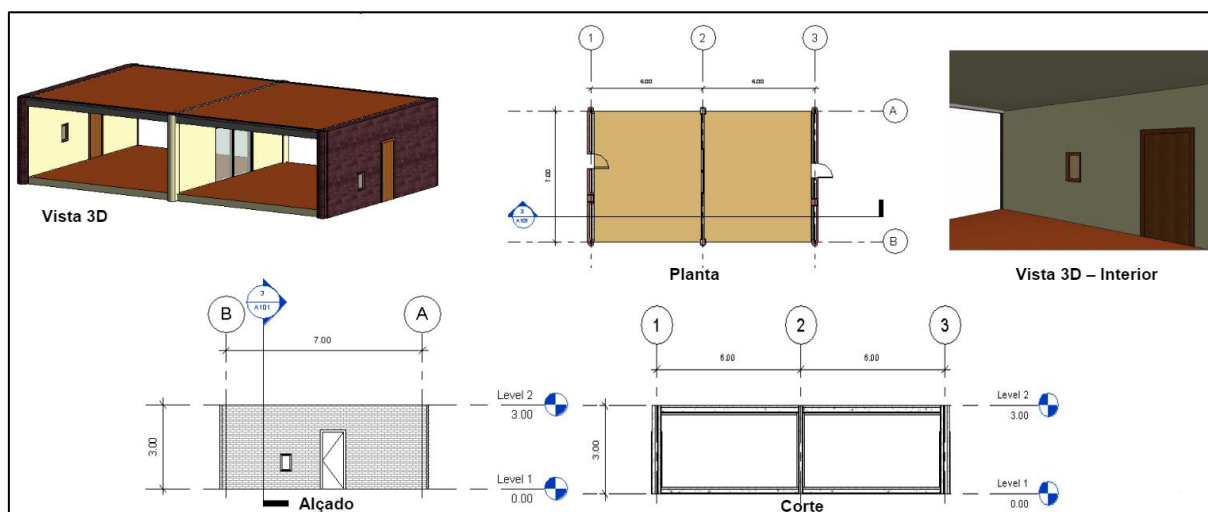


Fig.2.3 – Exemplificação de um *software* de metodologia BIM [7]

Um *software* com capacidade para parametrização permitirá ao modelador criar geometrias dinâmicas, que de outra forma teriam que ser repetidas para cada caso em que uma das dimensões fosse diferente. Este mecanismo permitiu responder a um dos grandes problemas do mundo da arquitetura e engenharia, que era a exigência da criação de desenhos a múltiplas escalas.

Estas duas vantagens, entre outras, reduziram drasticamente o tempo de horas necessário para a criação de desenhos, e apesar de alguns dos *softwares* mais antigos como o *AutoCAD*® e o *Bentley Microstation*® terem contribuído para o processo de desenhos em duas dimensões e de serem os precursores daquilo que hoje se denomina por *softwares* BIM, estavam limitados pela capacidade que os computadores dispunham ao nível de hardware quando estes foram criados.

### 2.2.2. CAD 3D E BIM

A complementação entre a evolução dos métodos de modelação gráfica em 3D, auxiliados juntamente pela expansão dos *softwares* CAD em toda a indústria da construção, e a evolução dos *hardwares* na indústria da computação, tornaram possível o aparecimento daquilo que se denominam por *softwares* de metodologia BIM. No entanto, é de extrema importância distinguir aquilo que são *softwares* CAD 3D de *softwares* de metodologia BIM; Figura 2.4 e Figura 2.5 [9].

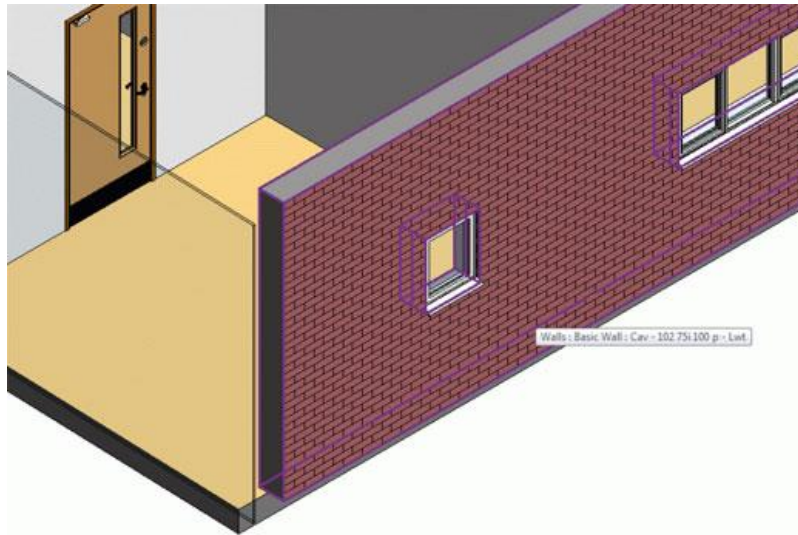


Fig.2.4 – Exemplo de software CAD 3D [9]

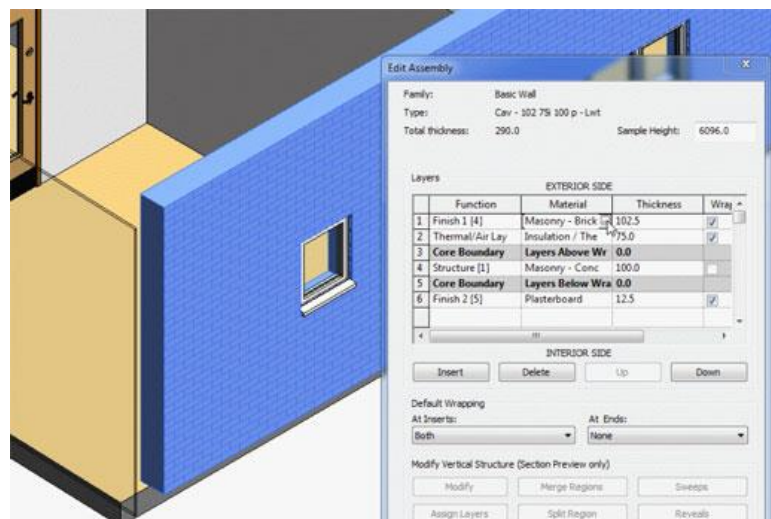


Fig.2.5 – Exemplo de software de metodologia BIM [9]

À partida, aquilo que ao nível da aparência se identificam como *softwares* equivalentes, assumem-se na realidade com propriedades bem distintas. Apesar das geometrias serem aparentemente as mesmas, representa-se na Figura 2.4 um exemplo de um *software CAD 3D*, que por si só não é mais do que pura geometria. Quando selecionada uma das paredes do modelo, a única informação fornecida pelo *software* corresponde ao nome da massa em questão. Em contrapartida, representa-se na Figura 2.5 aquilo que se denomina por *softwares BIM*. Quando selecionada a mesma parede, é visível o aparecimento de um menu ao qual correspondem as suas propriedades. As propriedades associadas, como a sua composição, podem ser editadas e alteradas a critério do projetista. Os benefícios óbvios são a de que se consegue obter a partir de um só modelo informação que de outra forma só seria possível obter através de documentos externos ao mesmo. Algumas das empresas que ainda não fizeram a transição para as metodologias do *BIM* encontram usos úteis em *CAD 3D* que de outro modo não seriam possíveis em 2D, como é o exemplo das *clash detections*, ou verificação de incompatibilidades físicas. As *clash detections* são uma das grandes vantagens associadas ao *BIM*, nomeadamente em áreas de *MEP* (*Mechanical Electrical Plumbing*) [9].

## 2.3. DEFINIÇÕES ASSOCIADAS

### 2.3.1 CONCEITOS

**IFC:** O *Industry Foundation Classes* é uma plataforma neutra que tem como objetivo criar um formato de ficheiro informático capaz de garantir a total interoperabilidade entre diferentes *softwares* na indústria independente das marcas e dos fabricantes dos mesmos. É um formato que trabalha com *softwares* à base de objetos e que permite realizar um processo colaborativo entre diferentes especialidades. Enquadra-se no âmbito das metodologias *BIM*.

**COBie:** O *Construction Operations Building Information Exchange* é um formato de informação digital que publica informação não geométrica de modelos no âmbito de *softwares* de metodologia *BIM*. Os seus conteúdos assentam essencialmente naquilo que se pode chamar um inventário detalhado do modelo.

### 2.3.2 NÍVEIS DE MATURIDADE

Os níveis de maturidade, exemplificados na Figura 2.6, representam uma visão geral daquilo que se pratica atualmente ao nível de *BIM* em termos de sofisticação, assim como aquilo que se pretende para o futuro [10] [11].

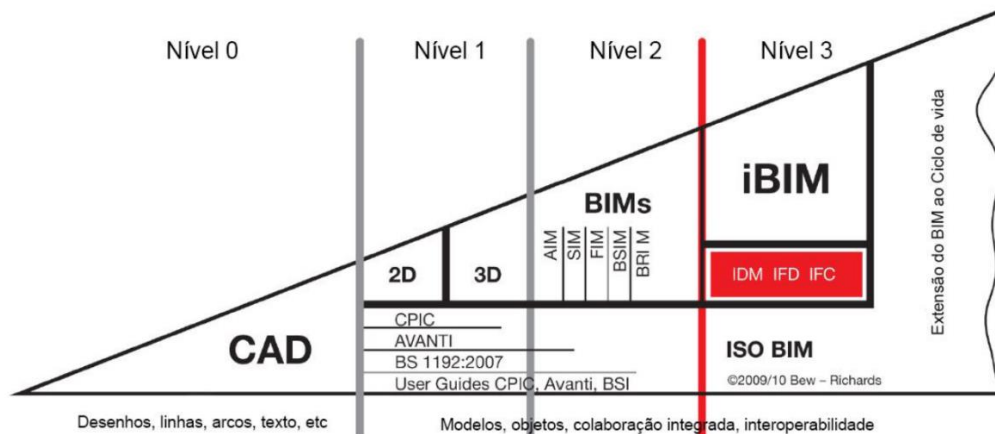


Fig.2.6 – Níveis de Maturidade associados ao BIM (adaptado de [12])

**Nível 0:** Não há qualquer tipo de colaboração neste nível. Apenas são utilizados desenhos em *CAD* 2D. O *output* deste tipo de abordagem consiste apenas em *prints* eletrônicos ou em papel. A esmagadora maioria da indústria a nível global já está à frente deste nível.

**Nível 1:** Este é o modelo de operações que muitas empresas adotam atualmente. Apesar de neste nível não haver colaboração interdisciplinar, já existe troca de informação eletrônica a uma escala maior. Já se usa o *CAD* 3D essencialmente para desenhos conceptuais. O 2D continua a ser utilizado para os desenhos obrigatórios, podendo usar normas *standard* como é o caso em Inglaterra da BS 1192:2007.

**Nível 2:** Este nível marca o início do uso do processo colaborativo entre diferentes especialidades. Todas as equipas usam os seus modelos 3D não estando necessariamente a trabalhar num único modelo partilhado. A colaboração parte de como a informação é partilhada entre as diferentes entidades, tornando-se por isso um aspeto crucial a este nível. A informação de projeto é partilhada usando formatos comuns, que irá permitir organização e integração toda a informação ao longo do desenvolvimento. Por este motivo, todas as equipas têm que estar a trabalhar em *softwares* que consigam exportar a informação num formato comum, como por exemplo: o *IFC* (*Industry Foundation Class*) ou o *COBie* (*Construction Operations Building Information Exchange*).

**Nível 3:** O terceiro nível representa, segundo a *RIBA* (*Royal Institute of British Architects*), o “Santo Graal” ao nível do que se pratica em termos de colaboração. O grande objetivo deste nível é unificar toda a indústria ao permitir que todos os projetos sejam realizados num único modelo partilhado. A ideia principal é a de que todas as entidades trabalhem ao mesmo tempo sobre o mesmo projeto, que deve estar associado a uma *cloud*, editando-o. Com isto, qualquer tipo de conflito de informação pode ser eliminado, visto que o projeto de todas as equipas corresponde a um só modelo partilhado por todos. Isto denomina-se por “*Open BIM*”. Para já, o grande entrave desta abordagem está no facto de as empresas terem receio de incorrer em questões judiciais relacionadas com *copyrights* e responsabilidades individuais.

### 2.3.3 NÍVEIS DE DETALHE – LOD

Os níveis de detalhe, também denominados por *LOD* (*Level of Detail*), são referências que permitem aos profissionais da indústria *AEC* (*Architecture, Engineering and Construction*) especificar e articular com um elevado grau de segurança os *BIMs* (*Building Information Models*) durante as várias etapas do projeto e do processo construtivo [11].



Esta especificação, é uma interpretação detalhada do esquema de *LOD* desenvolvido pelo AIA (*American Institute of Architects*) de acordo com os protocolos *E202-2009 BIM and Digital Data Exhibit* e *iG202-2013 Project BIM Protocol Form* [11].

Os LOD não definem em que fase se encontra o projeto, mas sim uma descrição das etapas alcançadas em diferentes fases do projeto. Isto significa que permitem identificar com clareza o conteúdo e fiabilidade da informação contida num modelo para as várias fases do processo *BIM*. Com isto, podem definir-se entregáveis essenciais para o avanço do projeto. Os “entregáveis” são aquilo que em Inglês se designa por *deliverables* e representam um ou mais ficheiros que são requisitados para o avanço de projeto. Importa referir que esta especificação incide também sobre o detalhe com que se vê os objetos desenhados.

**LOD 100:** Este nível é representativo daquilo que se entende por projeto conceptual. O modelo consiste essencialmente num conjunto de massas que permitem avaliar volumes, orientações e algumas estimativas orçamentais iniciais. Apesar de não existirem representações geométricas concretas, já podem existir neste nível alguns elementos e símbolos representativos da existência dos diversos componentes.

**LOD 200:** Ao passar para este nível de detalhe o modelo começa a representar formas geométricas representativas dos componentes existentes, e apesar de já se terem estabelecidos os tamanhos, formas, quantidades, localizações e orientações dos elementos, estes continuam a assumir valores aproximados. Por esta altura, já se podem realizar análises generalizadas de desempenho.

**LOD 300 e 350:** Este LOD marca o momento em que o modelo se torna adequado para realizar a partir dele desenhos de construção geométricos. Valores de quantidades, tamanho, forma, localização e orientação já podem ser medidos diretamente do modelo sem que sejam necessárias informações exteriores fora do mesmo. A principal diferença entre os LOD 300 e LOD 350 é que o último faz uma representação de elementos de interface entre sistemas. Estes podem de suporte ou conectores, como é o exemplo das ligações metálicas.

**LOD 400:** Um LOD 400 já acarreta com um detalhe suficientemente elevado para que seja possível o fabrico e a montagem do mesmo. Este tipo de modelos já é adequado para empreiteiros e fabricantes. Contém informações precisas sobre quantidades, tamanhos, formas, orientações e o processo construtivo (fabrico, montagem, instalação). Modelos de armaduras para betão armado podem representar um exemplo deste LOD.

**LOD 500:** Apesar de este ser o LOD mais elevado que se pode praticar, tendo em conta que se trata de um modelo tal e qual como foi construído (*as-built*), serve apenas como ponto de referência máximo para o que se pode praticar. Este nível de detalhe só terá utilidade em infraestruturas muito concretas em que sejam vitais os aspetos operacionais e de manutenção.

É importante compreender que não existe nenhum modelo ao qual se possa chamar de “LOD ###”. Durante qualquer fase de projeto, poderão haver elementos representativos de vários LOD distintos. Ou seja, não seria lógico pedir um LOD 200 e obrigar que todos os elementos, principalmente os de LOD superiores, correspondessem exatamente ao LOD 200. Em vez disso, apesar de haver uma tentativa de conversão, os modelos são trabalhados com diversos tipos de nível de detalhe ao longo do processo construtivo. Exemplifica-se na Figura 2.7 uma representação gráfica dos diferentes LOD. Importa reter que ao LOD 500 da figura, falta acrescentar um aspeto gráfico o mais próximo possível da realidade. Isto significa que o modelo, ou partes deste, em LOD 500 tem que fazer uma representação gráfica exata da realidade.

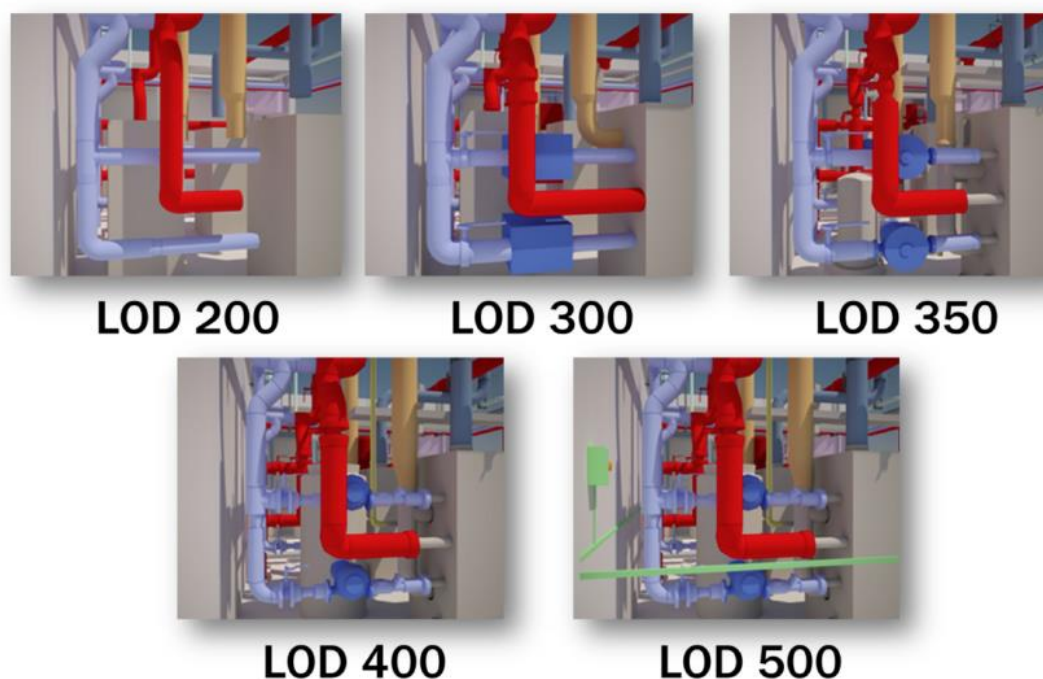


Fig.2.7 – Esquematização dos diferentes LOD [13]

#### 2.3.4 NÍVEIS DE INFORMAÇÃO

O nível de informação, conhecido na indústria como *LOI (Level of Information)*, reflete a necessidade de criar paralelismos entre os *LOD* e a informação a que correspondem determinados objetos nos *softwares* de metodologia *BIM*. Este tópico vai de encontro à necessidade de definir que tipos de informação é que são indispensáveis ao longo do processo construtivo [14]

Quando se imagina um modelo a primeira coisa em que talvez se pensa é a geometria do mesmo. Apesar de um modelo 3D permitir recolher informação como altura, espessura e comprimento dos mais variados objetos presentes, serão eventualmente necessárias informações adicionais que descrevam os materiais, as propriedades físicas, ou até mesmo os fabricantes associados a um objeto [14].

No contexto da metodologia *BIM*, está-se de facto a olhar para informação mais detalhada do que simplesmente a geometria do mesmo. Isto permite associar ao modelo documentação e informação que de outra forma só poderia estar presente através de documentos escritos e manuais. A realidade é que os grandes utilizadores da indústria não estão só à procura de informação gráfica, mas sim informação em formato digital correspondente às suas infraestruturas. O nível de informação cresce ao longo do ciclo de vida do processo construtivo de uma determinada obra. Por exemplo, na fase de Programa Preliminar, quando o cliente expressa as suas necessidades, talvez apenas seja necessário um modelo conceptual que descreva espaços e atividades. Quando se procede na fase de Anteprojeto, já será necessário fazer uma descrição de sistemas e elementos que correspondam às necessidades do cliente. Toda esta informação deverá ser trabalhada e adicionada à medida que o projeto vai ganhando forma. Quando se conclui a fase de projeto, e este vai a concurso (no caso de obras públicas), devem corresponder aos elementos dos modelos informações muito específicas que conduzam o empreiteiro a uma marca da sua escolha. Por fim, caso seja do interesse do dono obter informações adicionais como a marca de determinados produtos escolhidos pelo empreiteiro podem ser adicionadas ao modelo a fim de promover futuras ações de manutenção da obra [14].

## 2.4. PROCESSO CONSTRUTIVO CORRENTE EM PORTUGAL, *RIBA PLAN OF WORKS* E PRONIC

### 2.4.1 PARALELISMOS ENTRE O *RIBA PLAN OF WORK* E PROCESSO CONSTRUTIVO CORRENTE

Para melhor compreender em que situação Portugal se encontra relativamente ao BIM, é necessário analisar o panorama português ao nível das práticas realizadas dentro do processo construtivo. Para isso, é necessário analisar com cuidado as etapas, conjuntamente com os fluxos de informação, que é necessário tomar em cada fase. Exemplifica-se na Figura 2.8 as diferentes fases previstas no documento do GT-SIC da PTCP [15], de acordo com a Portaria 701-H/2008 [16].

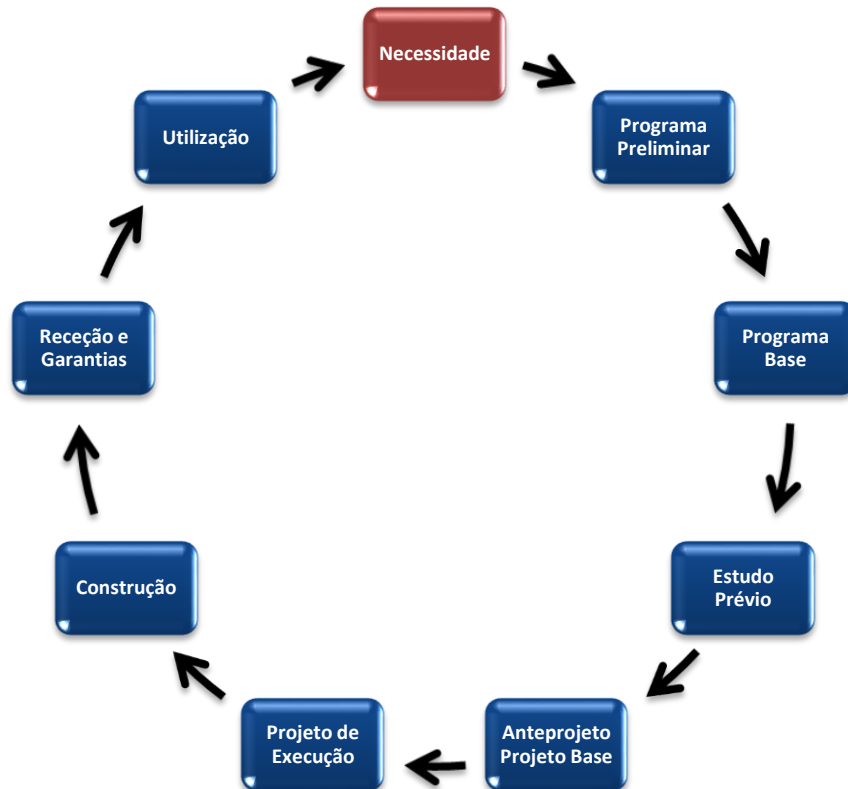


Fig.2.8 – Descrição do processo construtivo em Portugal

**Necessidade:** é aquilo que se entende quando o dono de obra ou o promotor demonstram uma necessidade de construir algo. Aplica-se para obras públicas ou privadas.

**Programa Preliminar:** é um documento composto por: os objetivos da obra; as características gerais da obra; dados sobre a localização do empreendimento; elementos topográficos, cartográficos e geotécnicos, assim como características da envolvente existentes; estimativa de custos; indicação geral de prazos. Esta informação pode, ou não, ser dispensada consoante a obra a conceber.

**Programa Base:** O programa base é um documento realizado pelos autores do projeto que tem como base aquilo que foi concebido requisitado e pelo Dono de Obra na fase de programa preliminar. Nesta fase, os projetistas particularizam o programa preliminar apresentando soluções alternativas mais eficazes que se ajustem melhor as condições da envolvente.

**Estudo Prévio:** é composto pela criação de peças escritas e desenhadas, bem como outros elementos informativos em número suficiente que possibilitem ao dono de obra apreciar as soluções dos projetistas. Estes elementos podem ser compostos por desenhos à mão livre, desenhos *CAD*, ou até maquetas.

**Anteprojeto / Projeto Base:** Resulta das soluções adotadas durante o estudo prévio, sendo constituído por peças escritas e desenhadas assim como outros elementos de natureza informativa que permitam fazer uma definição e dimensionamento da obra de forma correta. É durante esta fase que o Dono de Obra submete o projeto à apreciação das autoridades municipais a fim de licenciar a obra.

**Projeto de Execução:** Representa o projeto completo com um conjunto de informações escritas e desenhadas de fácil e inequívoca compreensão. Neste projeto já constam todos os projetos de especialidade. O empreiteiro adjudicado deve respeitar integralmente a informação que consta neste projeto.

**Construção:** Marca o período em que a obra está ao cargo do empreiteiro. Inicia-se com a consignação e termina na receção do Dono de Obra. Materialização.

Ao analisar o processo corrente em Portugal torna-se interessante abordar processos de outros países nos quais o BIM já esteja mais dinamizado. No Reino Unido, o RIBA (*Royal Institute of British Architects*) propôs um plano de trabalhos adaptado ao uso do BIM. Este é um dos grandes desafios da indústria atualmente. Existe uma necessidade de colaboração que permita que seja adicionada informação ao projeto ao longo de cada uma das fases. Exemplifica-se na Figura 2.9 uma confrontação entre as fases de projeto em Portugal e as definidas no *RIBA Plan of Works* [12].

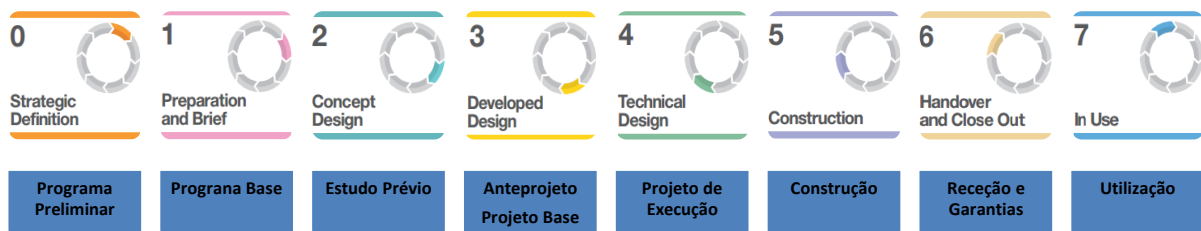


Fig.2.9 – Comparação entre o *RIBA Plan of Works* e o processo construtivo corrente

#### 2.4.2 ProNIC®

O ProNIC® (Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção) é um projeto de investigação e desenvolvimento que tem como objetivo estabelecer um conjunto sistematizado e integrado de conteúdos técnicos credíveis, suportados e articulados numa aplicação informática para todo o sector da construção portuguesa [17].

Este protocolo procura atingir dois objetivos concretos:

- “A criação de uma BD de conhecimento sobre os trabalhos de construção, incluindo especificações técnicas e regras de segurança e medição;”
- “A implementação de um conjunto de aplicações informáticas que permitam a gestão dos conteúdos criados e a sua utilização pelos diversos intervenientes no processo construtivo”.

A base de dados do ProNIC® é composta por vários elementos de informação. Estes elementos compõem a quase totalidade de trabalhos realizados em obra, podendo com isso criar mapas de quantidades e trabalhos e outros documentos respeitando os padrões da Portaria 701-H/2008 [16]. A estrutura materializa-se em capítulos e subcapítulos representativos de cada tipo de trabalho realizado em obra. Exemplifica-se na Figura 2.10 um esquema representativo do uso do ProNIC® [17].

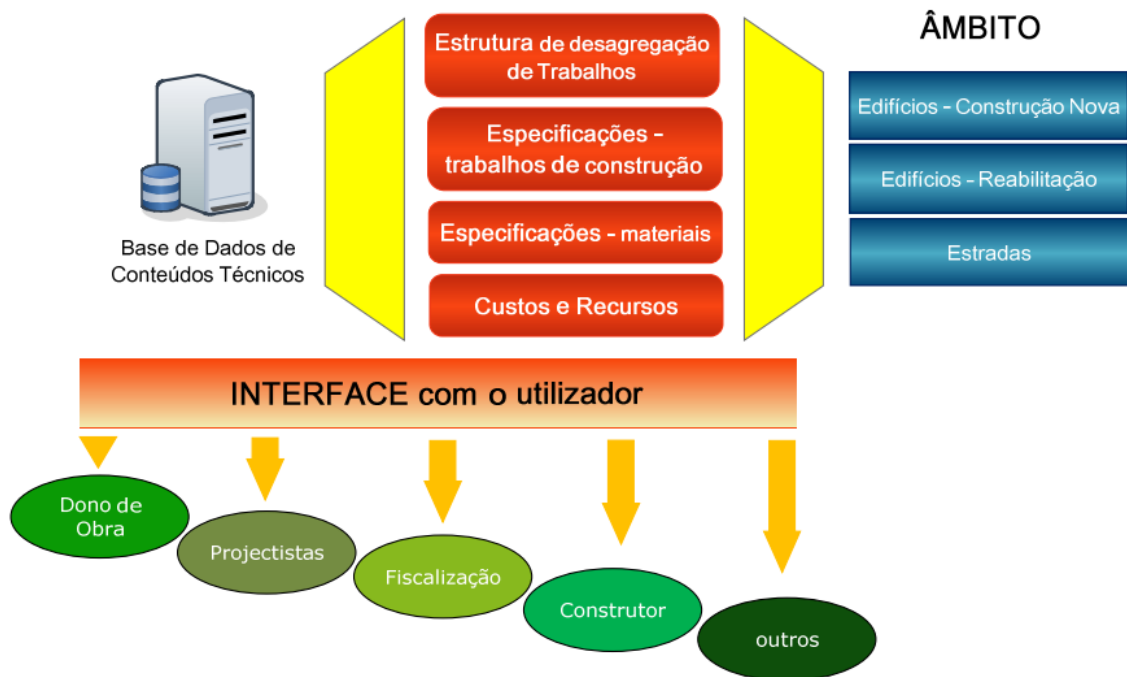


Fig.2.10 – Esquemática do funcionamento do ProNIC® [17]

## 2.5. DESAFIOS ATUAIS

### 2.5.1. SISTEMAS DE CONCEÇÃO E PRODUÇÃO INTEGRADOS

As *Integrated Design and Delivery Solutions (IDDS)* representam uma série de documentos propostos pelo *CIB (Conseil International du Bâtiment)* que visam descrever as dificuldades e estratégias de implementação de tecnologias *BIM* na indústria. O *CIB* foi criado em 1953 como uma associação em que um dos principais objetivos era o de criar formas facilitadas de cooperação entre agências governamentais de investigação e o setor da construção. Atualmente, o *CIB* está presente em mais de 500 organizações e conta com 5000 trabalhadores e investigadores que administram mais de 50 comissões [18].

As *IDDS* pretendem concretizar uma visão de um setor da construção revitalizado disposto a adotar novos processos, desenvolver mão de obra qualificada com habilitações apoiadas nas novas tecnologias, garantindo uma mudança no setor segundo a qual as empresas com práticas tradicionais consigam ser mais colaborativas e comunicativas no processo, e nas cadeias hierárquicas das instituições, apoiados ativamente por tecnologias de informação e comunicação transparentes. Todo este processo visa minimizar os desperdícios causados pela falta de comunicação entre entidades, adicionando assim valor

ao desenvolvimento de projetos e processos construtivos. Os três imperativos do *IDDS* estão representados na Figura 2.11 [18].

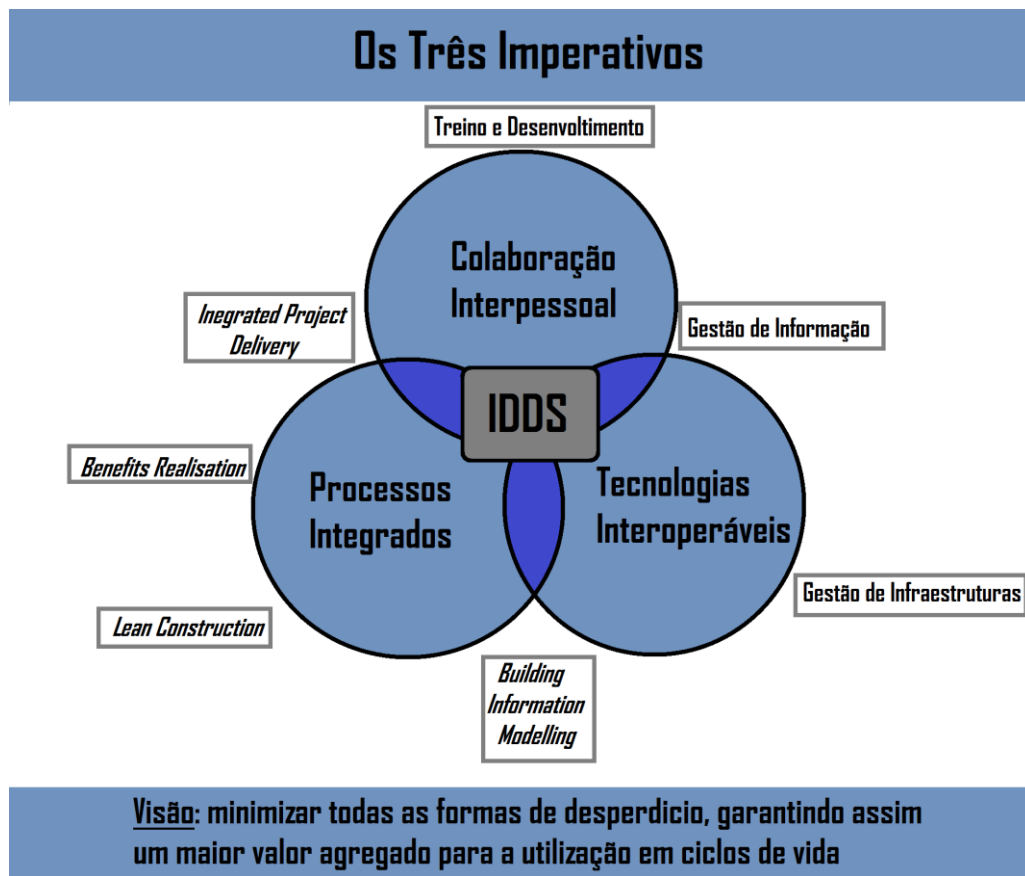


Fig.2.11 – Imperativos do IDDS (adaptado de [18])

**Colaboração Interpessoal:** é fundamental criar uma base para a educação universitária e empresarial ao longo de todo o setor da construção. Este aspeto passa por garantir que todos os intervenientes, desde os projetistas aos fabricantes, estão sintonizados relativamente à informação que é trabalhada. Não menos importante é garantir que a cultura da “desconfiança” presente no setor deixe de existir. A premissa do *IDDS* é que os fluxos de informação possam circular livremente entre todos os parceiros de um projeto para que a eficiência seja máxima.

**Processos Integrados:** a criação de processos integrados entre as diferentes identidades é de extrema importância. Os processos tradicionais significam que, muitas vezes, problemas que poderiam ter sido detetados em fases preliminares só são descobertos mais tarde, trazendo custos adicionais. Mesmo que todas as barreiras sejam quebradas entre equipas que trabalham sobre o mesmo projeto, nos projetos seguintes existirá outra equipa em que todo este processo terá que ser repetido. Para dar resposta a este problema é necessário que as empresas do sector adotem, em conjunto, processos colaborativos de projeto.

**Tecnologias Interoperáveis:** as tecnologias permitem fazer a unificação e uniformização dos dois pontos anteriores. Os *softwares* mais conhecidos são os de modelação gráfica por objetos que permitem a modelação de uma construção à qual estão associados níveis de informação que podem ser



uniformizados por diversos sistemas de classificação (*Omniclass*, *Uniclass*). O grande obstáculo das tecnologias é o da interoperabilidade entre diferentes *softwares*. No entanto, já existem algumas diretivas da indústria para fazer uma transição para formatos e sistemas uniformizados, como por exemplo, o formato *IFC* (*Industry Foundation Classes*) ou o *COBie* (*Construction Operations Building information Exchange*). O problema é que formatos como o *IFC* estão longe de serem completamente viáveis, requerendo por isso um uso mais cauteloso na sua aplicação. A consequência disso, é que empresas que trabalham com *softwares* de modelação paramétrica como o *Revit*® estejam, à partida, em dessintonia com outras que usem o *ARCHICAD* ©.

### 2.5.2. DESAFIOS DA INDÚSTRIA E *MACRO-BIM*

Apesar de já haverem indícios de que há uma proliferação de conceitos e metodologias BIM em algumas organizações e indústrias, principalmente no que toca a equipas de projeto, a implementação do BIM e a sua difusão, ainda está longe de ser imposto no mercado de uma forma permanente. Ainda há informação insuficiente, devido aos poucos estudos que ainda foram realizados, para explicar e encorajar uma implementação BIM a grande escala. É por isso importante perceber que modelos de ação devem ser seguidos para uma adoção sistemática, que deve ser baseada na legislação de cada país. Na revista: *Automation in Construction* é feita uma proposta de adoção *Macro-BIM* assente em nove áreas principais; Figura 2.12; Quadro 2.1 [19].

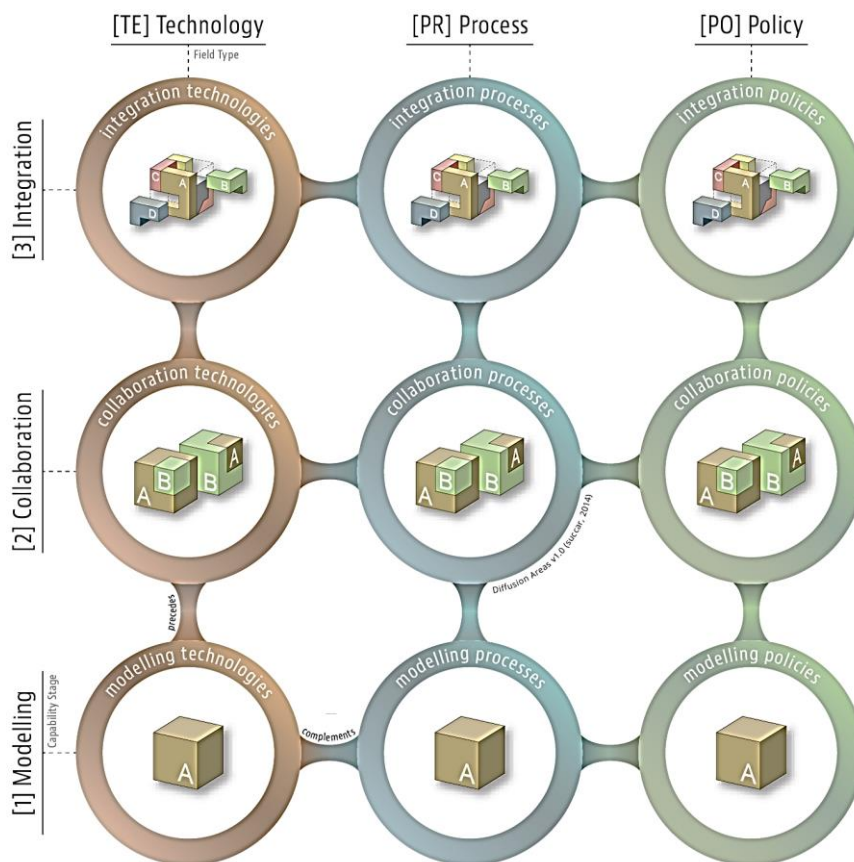


Fig.2.12 - Relação entre as 9 áreas de difusão para implementação do Macro-bim propostas em: *Automation in Construction* [19]

Quadro 2.1 – Relação entre as 9 áreas de difusão para implementação do *Macro-BIM* propostas em: *Automation in Construction*

	<b>Tecnologia</b>	<b>Processos</b>	<b>Políticas</b>
<b>Integração</b>	Criação de servidores que sirvam de base para o desenvolvimento em conjunto de um modelo. Proliferação de sistemas de integração em tempo real em várias plataformas.	Criação de processos integrados na base ao longo da cadeia de produção. Proliferação de fluxos de trabalho interdisciplinares ao longo do ciclo de vida de um projeto.	Adoção de standards, protocolos e acordos contratuais. Aposta em programas educacionais e interdisciplinares.
<b>Colaboração</b>	Criação de <i>softwares</i> de partilha de modelos e ferramentas de complementação dos mesmos. (exemplo: <i>Navisworks</i> , <i>Vico</i> ).	Criação de profissões associadas aos diferentes trabalhos na metodologia BIM (exemplo: Gestor de Informação). Proliferação de fluxos de trabalho multidisciplinares à base do modelo.	Adoção de standards de modelação e protocolos de colaboração. Criação de contratos específicos em torno da colaboração e criação de programas educacionais.
<b>Modelação</b>	Adoção <i>softwares</i> BIM (exemplo: <i>Revit</i> , <i>Tekla</i> ) acompanhados por <i>hardwares</i> e redes de internet necessárias.	Criação de profissões associadas aos diferentes trabalhos na metodologia BIM (exemplo: gestor de modelo, <i>BIM trainer</i> ) e fluxos de trabalho à base do modelo.	Adoção de standards na modelação (exemplo: definições concretas, parâmetros de partilha, níveis de detalhe, propriedades intelectuais) e protocolos de partilha de informação.

As diferentes áreas de informação presentes no Quadro 2.1, assim como as suas subdivisões e combinações, oferecem uma oportunidade às instituições que adotem a metodologia BIM de tratarem a informação de um modo mais uniforme dentro da mesma estrutura, ao invés de tratarem individualmente cada tipo de informação de uma forma mais díspar. Além disso, as instituições podem fazer análises ao mercado consoante os nove princípios e fazer avaliações comparativas.

Após entender os conceitos acima referidos, torna-se importante compreender como colocá-los em prática. Para tal, é fundamental compreender quais as entidades responsáveis pelo impulsionamento e adoção de *Macro-BIM*. Mais uma vez, a revista: *Automation in Construction* [19] exemplifica um modelo de atribuição de responsabilidades ao nível das entidades, quer estas sejam publicas ou privadas; Figura 2.13 [19].



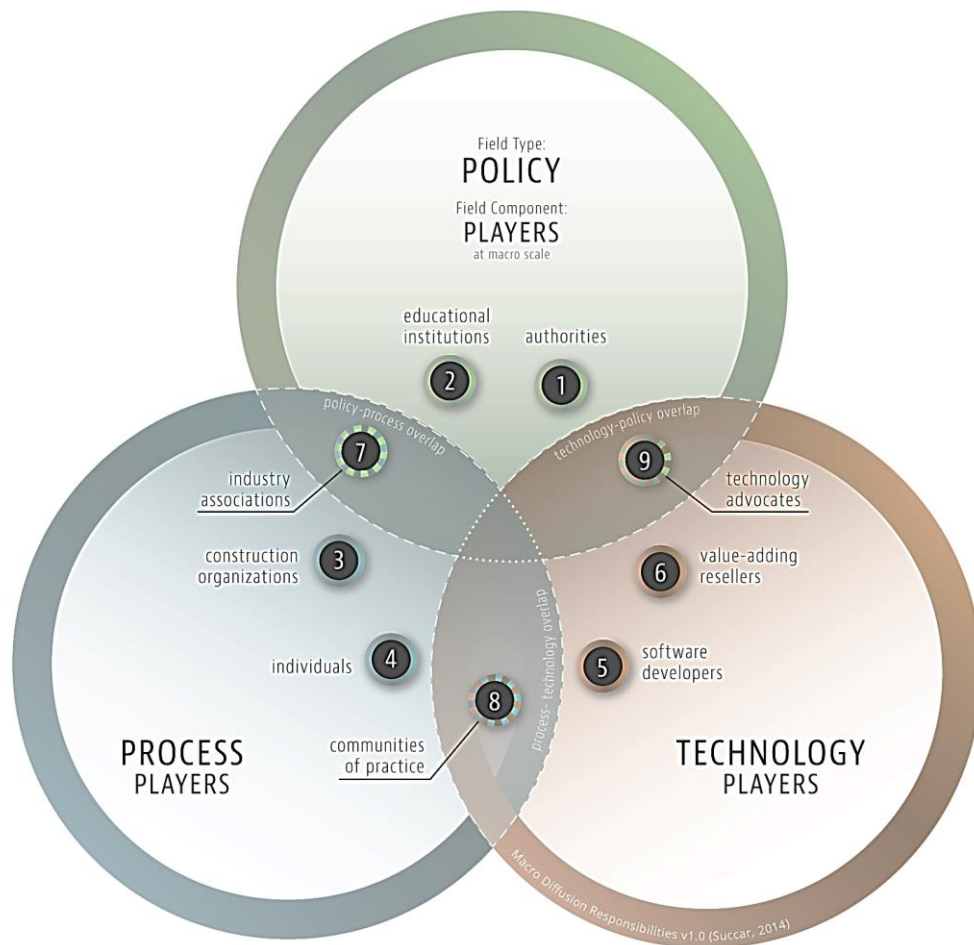


Fig.2.13 – Entidades fundamentais para aplicação de Macro-BIM em: Automation in Construction [19]

Como se exemplifica através do Quadro 2.2 e da Figura 2.13, existem três grandes áreas sobre as quais assentam as maiores responsabilidades ao nível da implementação do *BIM*. A necessidade de criar políticas deve partir das autoridades governamentais em conjunto com as universidades, enquanto que cabe às instituições privadas da construção o desenvolvimento de processos que impulsionem as práticas. As tecnologias estão dependentes dos avanços tecnológicos. No entanto, é de grande interesse compreender em que pontos é que estas três grandes áreas se encontram. As associações industriais, comunidades e os defensores das tecnologias criam pontes que permitirão desencadear este processo.

Quadro 2.2 –Entidades fundamentais para aplicação de *Macro-BIM* em: *Automation in Construction*

Políticas	Processos	Tecnologia
<b><u>1-Autoridades</u></b> Entidades governamentais com de carácter legislativo que encorajem e promovam a adoção de metodologias BIM.	<b><u>3-Organizações da construção</u></b> Projetistas, empreiteiros e donos de obra que estejam ativamente envolvidos no uso de sistemas BIM. Este envolvimento vai desde o treino dos funcionários até à entrega de projetos em BIM.	<b><u>5-Empresas de software</u></b> Os grandes fabricantes de <i>software</i> ao desenvolverem ferramentas novas e soluções inovadoras ao nível de produtos e redes.
<b><u>2-Instituições de ensino</u></b> Universidades e instituições sem fins lucrativos no desenvolvimento e divulgação de material informativo	<b><u>4- Indivíduos</u></b> Desde os entusiastas, passando pelos investigadores até aos estudantes que desenvolvam novas ferramentas e metodologias.	<b><u>6-Delegados de informação e consultores</u></b> As empresas que façam a ligação entre as soluções das empresas de <i>software</i> e os utilizadores
Políticas e Processos	Processos e Tecnologia	Tecnologia e Políticas
<b><u>7-Associações industriais</u></b> Associações dedicadas em representar os interesses individuais e organizacionais dos seus membros.	<b><u>8-Comunidades de prática</u></b> Grupos informais de indivíduos com o interesse comum de melhorar as suas práticas associadas ao BIM.	<b><u>9-Defensores das tecnologias</u></b> Associações envolvidas no desenvolvimento e promoção de soluções tecnológicas para responder aos desafios da indústria.

O IDDS propõe também um conjunto de propostas e prioridades, a curto, médio e longo prazo para que se dê a total implantação da metodologia BIM em toda a indústria. Estas propostas passam essencialmente por garantir planos e temas de investigação, e estudos científicos concretos. Exemplifica-se na Figura 2.14 os quatro principais objetivos [18].

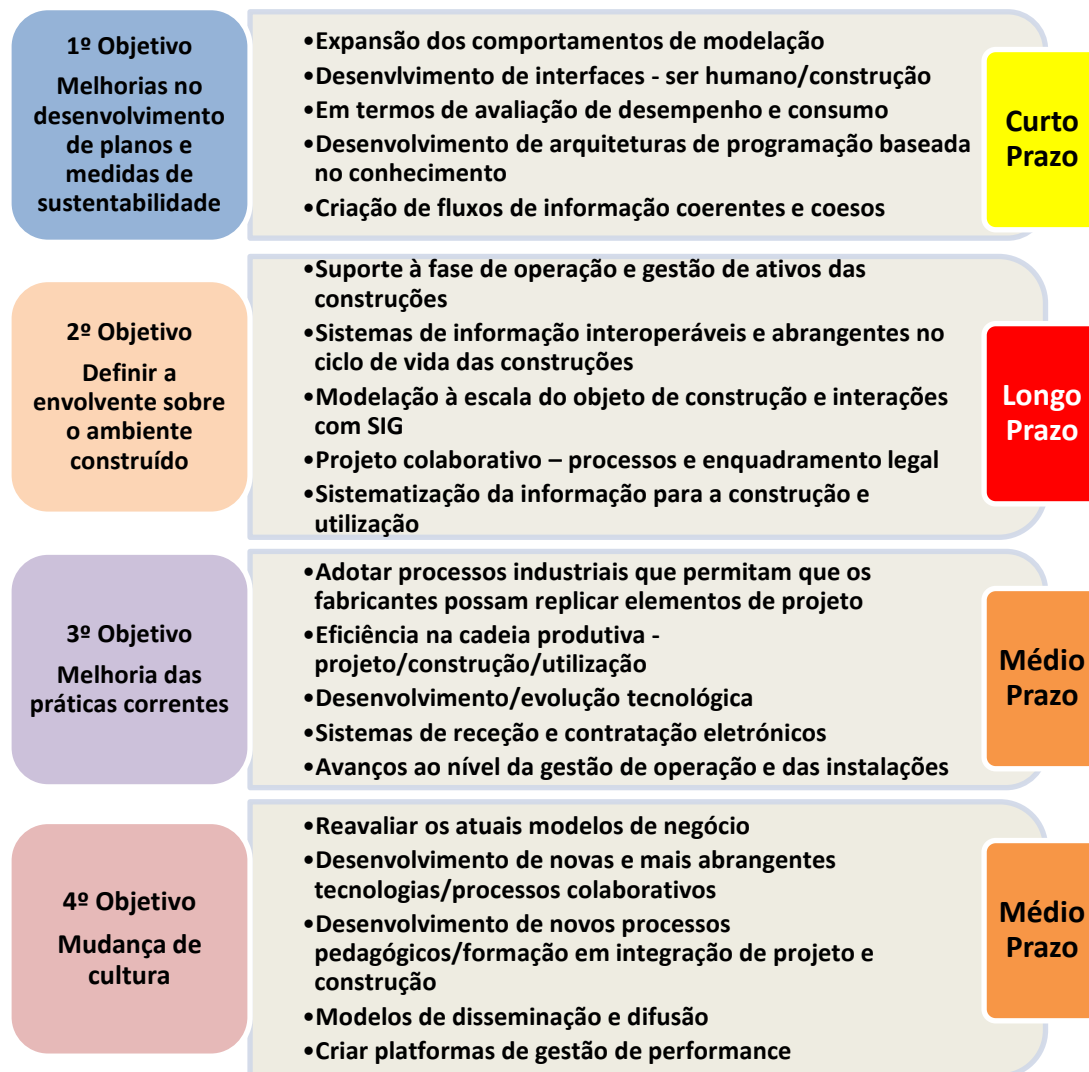


Fig.2.14 – Prioridades do IDDS (adaptado de [18])

O IDDS propõe Mudança de Cultura também um conjunto de propostas e prioridades, a curto, médio e longo prazo para que se dê a total implantação desenvolvimento de arquiteturas de programação baseada no conhecimento Modelação à escala do objeto de construção e interações com SIG Sistemas de informação interoperáveis e abrangentes no ciclo de vida das construções



# 3

## METODOLOGIA E ABORDAGEM DO CASO DE ESTUDO

### 3.1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo, será feita uma breve abordagem ao projeto e à metodologia seguida para compreender o fluxo de informação presente nos documentos na sua forma tradicional assim como no *Revit*®. Será identificado o contexto em que a obra foi realizada assim como os elementos fornecidos para a realização deste trabalho.

A obra em causa denomina-se: **PSP ao KM 6+600 Águas Santas / Palmilheira**, e tal como o nome indica, trata-se de uma passagem superior de peões no apeadeiro de Águas Santas / Palmilheira pertencente à linha ferroviária do Minho.

O motivo para a escolha desta obra advém do facto de se tratar de uma estrutura metálica de complexidade moderada e de carácter repetitivo. Tendo em conta que várias passagens superiores serão feitas ao longo desta e de outras linhas férreas, sendo idênticas ou com ligeiras diferenças, tem interesse compreender em que pontos se podem ganhar mais valias no uso de metodologias BIM, assim como verificar se há ou não vantagens no uso do *Revit*®. Outro motivo para a escolha desta obra deve-se ao facto de tentar compreender até que ponto é vantajoso utilizar o *Revit*® para construções “não correntes” (estruturas porticadas que não sejam de betão armado).

A obra corresponde a um investimento da ordem dos **400 000,00€**.

### 3.2. APRESENTAÇÃO DA EMPREITADA

#### 3.2.1. INTRODUÇÃO À OBRA

O conjunto de trabalhos associados a esta empreitada consistem essencialmente na execução da passagem superior de Peões ao Km 6+660 no apeadeiro de Águas Santas / Palmilheira na linha do Minho, cujo principal objetivo passa por melhorar as condições de segurança para os utentes e populações locais. O projeto foi realizado pela antiga REFER (agora Infraestruturas de Portugal) e a empreitada pela empresa a CONDURIL - ENGENHARIA, S. A. [20]. A previsão para a realização da empreitada foi de 50 dias.

Ao nível da estrutura metálica, estão presentes duas caixas de elevadores, juntamente com dois vãos de escadas com guardas metálicas, acompanhados por pilares tubulares e cachorros metálicos no seu topo. O tabuleiro que faz a passagem por cima da linha férrea é composto por vigas metálicas na sua base acompanhados por pilares que fazem a união dos painéis metálicos e rede electrosoldada. Toda a

estrutura metálica está assente em sapatas de betão armado. A estrutura é aproximadamente simétrica a meio vão. A obra inclui sistemas de drenagem assim como um conjunto de sinaléticas e instalações elétricas. As instalações elétricas são compostas por luminárias de emergência e fornecimento de luz, alimentadores e sistemas de terra proteção. Existem dois elevadores de passageiros de transporte de passageiros que fazem a ligação entre o nível inferior e o piso onde se encontra o tabuleiro; Figura 3.1



Fig.3.1 – PSP Águas Santas / Palmilheira

### 3.2.2. PROJETO

O projeto é composto pelo conjunto de peças escritas e desenhadas previstas na Portaria n.º 701-H/2008, acompanhado pelo mapa de quantidades e trabalhos, especificações técnicas e planos de segurança e saúde; Figura 3.2; Figura 3.3; Figura 3.4.

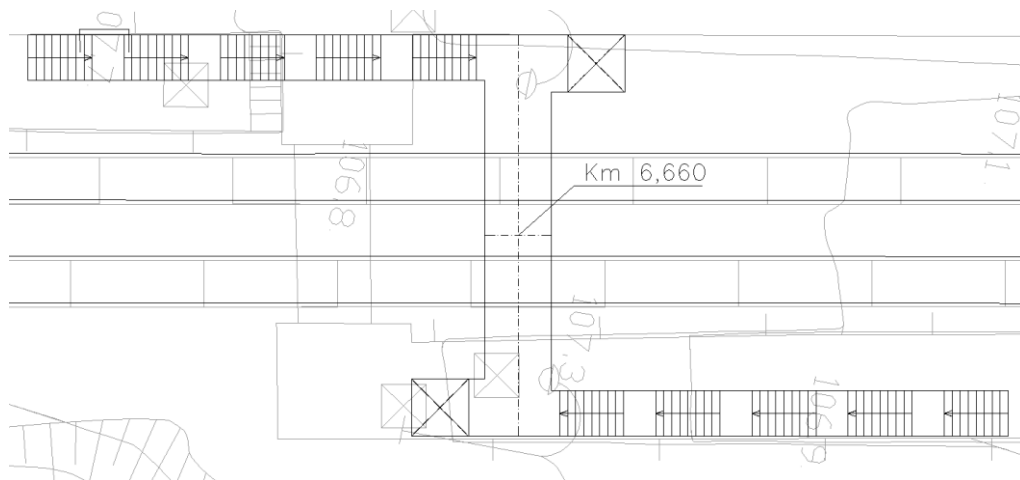


Fig.3.2 – Implantação da PSP

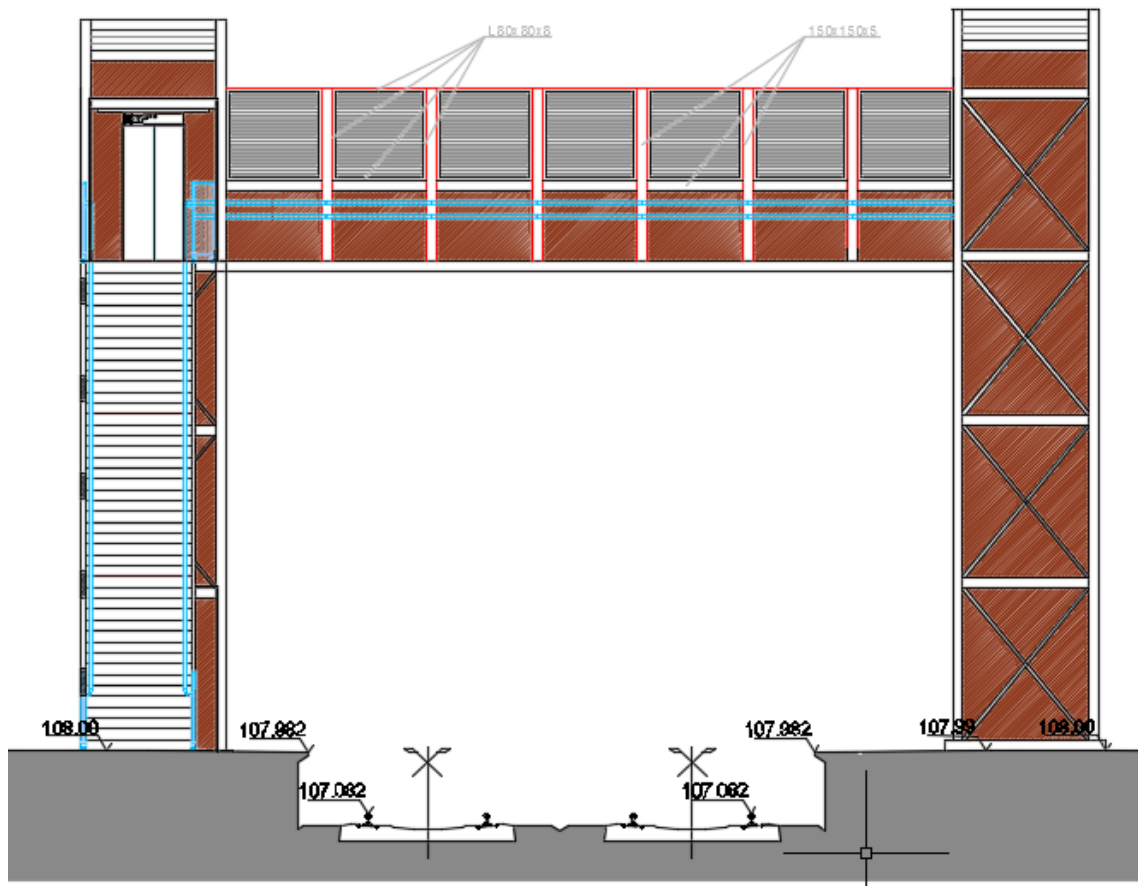


Fig.3.3 – Alçado da PSP

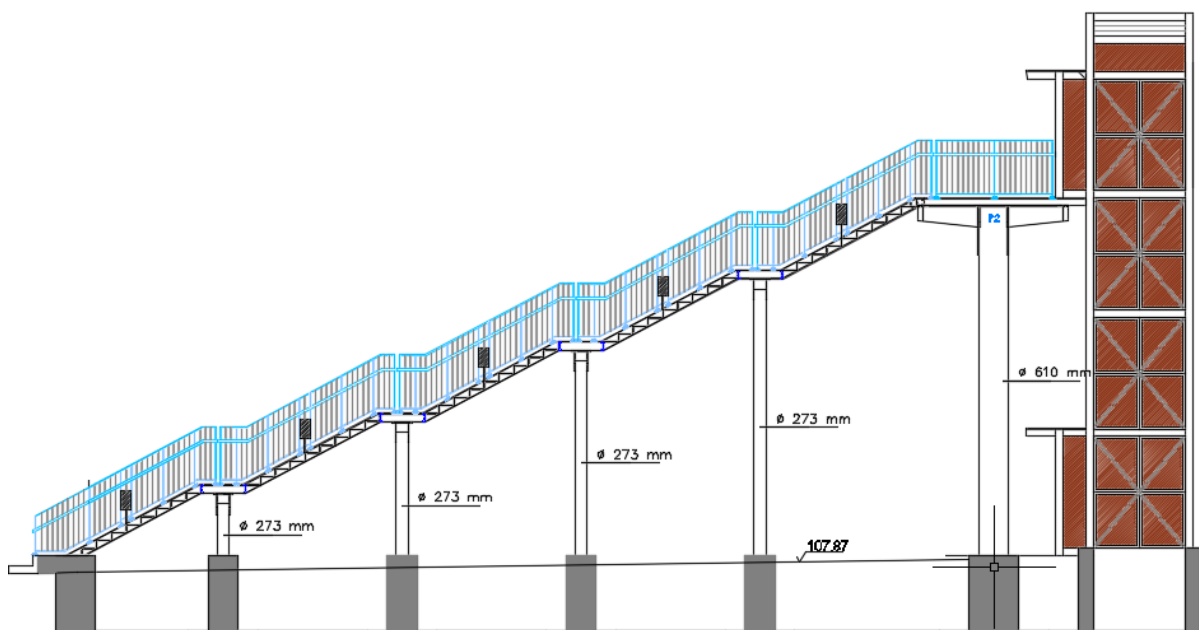


Fig.3.4 – Corte da PSP

### 3.3. METODOLOGIA

#### 3.3.1. ENQUADRAMENTO

Torna-se necessário fazer um enquadramento entre alguns organismos nacionais para compreender claramente a metodologia seguida. Apesar de existirem certamente mais indicadores que permitam fazer este enquadramento, analisar-se-á um dos mais importantes.

De acordo com o *Relatório n.º 1/2016 – AUDIT. 1.ª S. - Evolução global dos trabalhos adicionais no âmbito dos contratos de empreitada* do Tribunal de Contas, existem desvios financeiros significativos que estão diretamente ligados a erros de projeto [21].

Neste documento foram analisados 1513 contratos em que foram efetuadas alterações ao objeto contratual. Através de um questionário eletrónico, o Tribunal de Contas conseguiu identificar 6445 justificações para essas alterações; Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Justificações apresentadas para as alterações contratuais [21]

Justificação	Nº de casos	%
<b>Projetos de execução incompletos</b>	<b>318</b>	<b>4,93</b>
<b>Falta de rigor dos projetos de execução</b>	<b>2776</b>	<b>43,07</b>
<b>Incompatibilidades entre projetos</b>	<b>575</b>	<b>8,92</b>
Desajustamento dos projetos às necessidades	181	2,81
Alterações derivadas da mudança de pressupostos	101	1,57
Modificações a pedido dos donos de obra	853	13,24
Modificações sugeridas pelos empreiteiros	126	1,96
Correções resultantes de interrupção nas obras	57	0,88
Circunstâncias imprevistas	689	10,69
Outras causas	769	11,93
<b>Total</b>	<b>6445</b>	<b>100</b>

Como se pode apurar, em cerca de 57% das situações as alterações ao objeto conceptual resultam de deficiências nas conceções dos projetos.



Devido a estas alterações, e outros problemas que resultam em grande parte da inexistência de métodos de comunicação entre as entidades na indústria da construção, o sector debate-se com problemas de eficiência e de modernização acompanhados pelos desenvolvimentos tecnológicos.

Neste âmbito, existem novas metodologias em desenvolvimento por várias instituições de ensino e empresas. As *IDDS* representam um exemplo bastante relevante acerca das estratégias futuras a adotar por todos os intervenientes no processo construtivo. Outras já em prática, como a *Lean Construction*, pretendem fazer render ao máximo o uso de matérias primas e tempo de construção. Estas e outras metodologias passam impreterivelmente pela adoção de metodologias BIM.

Com base nestes dados, apresentar-se-á a metodologia abordada para analisar o caso de estudo no âmbito desta dissertação.

### 3.3.2. METODOLOGIA

A metodologia adotada passa essencialmente por analisar os elementos “tradicionais” de projeto, e verificar que transposições podem ser realizadas no âmbito de *softwares* de modelação gráfica por objetos que se enquadrem na metodologia BIM. O software escolhido no âmbito desta dissertação foi o *Revit*®.

Aquilo que se entendem por elementos “tradicionais” de projeto, compreendem todos os documentos compostos pelas peças escritas e desenhadas que são as utilizadas na realização de projetos e obras em Portugal. Estes documentos representam a quase globalidade de informação relativa a uma empreitada.

No âmbito desta dissertação serão realizados paralelismos entre estes documentos e novas formas de realizar projeto utilizando *softwares* de metodologia BIM em conjunto com o ProNIC®. Para este efeito, será feita uma replicação da obra existente para o *Revit*®, em conjunto com a elaboração de um mapa de quantidades e trabalhos normalizado utilizando o ProNIC®.

O objetivo consiste em compreender de que modo é que os projetos “tradicionais” em Portugal podem evoluir no sentido da implementação de metodologias BIM, acompanhados pelo uso do ProNIC® como *standard* para a qualidade da informação. Verificar-se-á do mesmo modo, se estas metodologias trazem vantagens ou não ao mercado da construção civil.

Partindo das peças escritas, nomeadamente o mapa de quantidades e trabalhos e as condições técnicas, Portugal terá que encontrar um processo de normalização idêntico ao *Omniclass* e ao *Uniclass* de modo a conseguir criar fluxos de informação unívocos ao longo de toda a cadeia produtiva na indústria da construção. É neste ponto que se olhará para o ProNIC® como uma ferramenta fundamental para dar resposta a esta questão. É também sem margem para dúvidas através do ProNIC® que se fará a ponte entre os processos de normalização associados às peças escritas. No que toca às peças desenhadas, será através da digitalização das mesmas, nomeadamente em *softwares* de modelação gráfica por objetos como é o caso do *Revit*®, que se evitarão erros de projeto como se perceberá mais adiante.

Exemplifica-se através da Figura 3.5 um diagrama de como é que o conjunto de peças escritas e peças desenhadas foram abordados no âmbito desta dissertação. A criação do modelo em *Revit*® associada ao LOD e a elaboração dos documentos do ProNIC® associadas ao LOI.

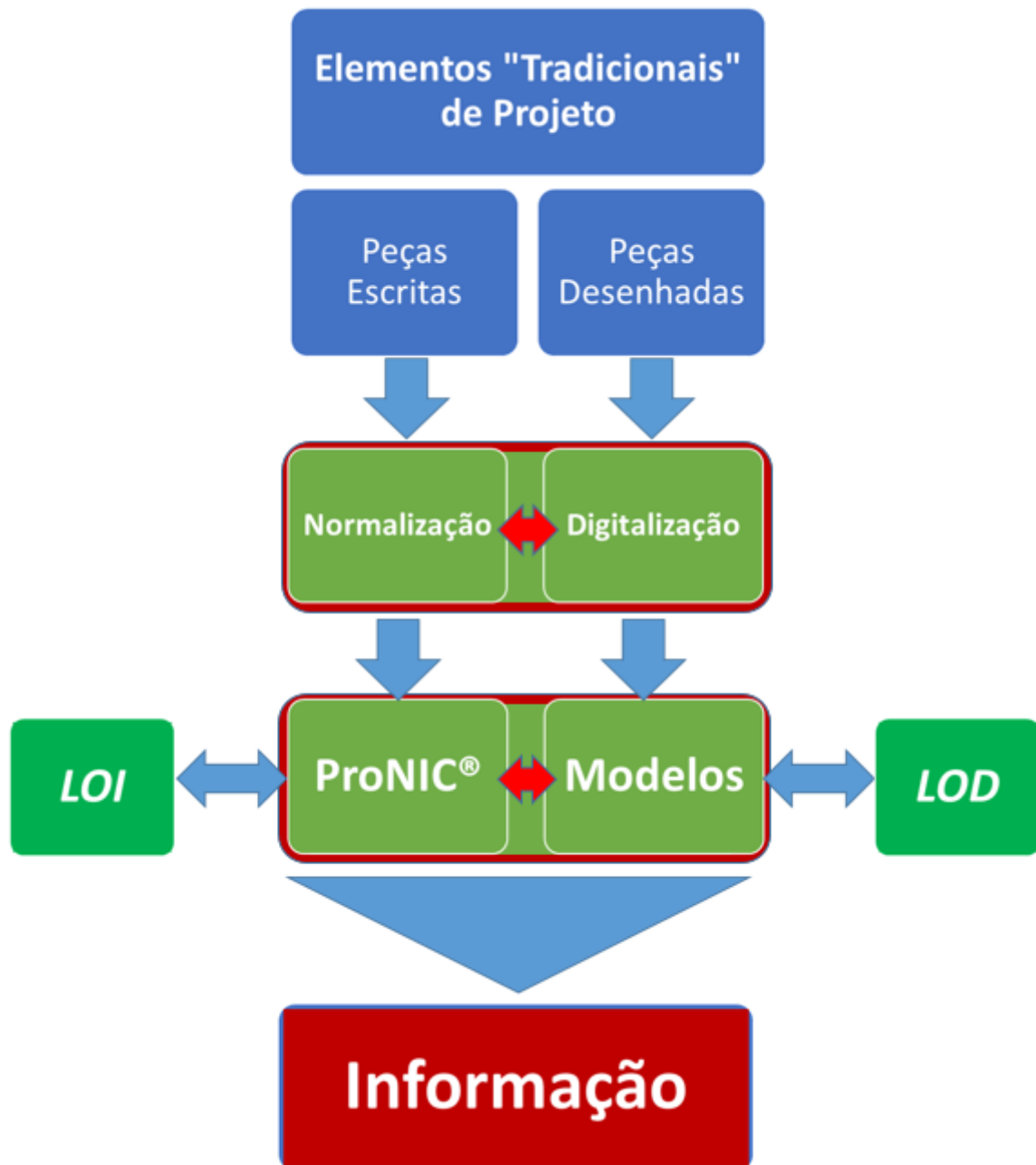


Fig.3.5 – Esquema da metodologia

No capítulo 4 será detalhado o processo de modelação em *Revit*® da obra, utilizando as peças desenhadas como elemento base. Será feita uma descrição exhaustiva daquilo que o *Revit*® oferece enquanto *software*. No capítulo 5 será feita uma análise ao projeto na medida em que se pretende verificar quais são os pontos fortes do *Revit*® contrastados com as peças escritas na sua forma tradicional. Ambos os capítulos serão focados em aspetos de modelação e fidelidade gráfica.

No capítulo 6 será analisado o grau de informação (LOI) presente no modelo em *Revit*®. A ideia é tentar perceber de que modo é que esta informação se conjuga com a já existente no projeto da passagem superior de peões e com o mapa de quantidades e trabalhos que será realizado no ProNIC®, analisando

assim o estado atual do *Revit*® relativamente a Portugal e verificar quais são as mais valias relativamente à informação contida nos elementos “tradicionais” de projeto.

Neste âmbito, será feita uma seleção que inclui elementos de três diferentes especialidades ligadas ao projeto para serem analisados. Exemplifica-se no Quadro 3.2 os elementos do mapa de quantidades e trabalhos que foram selecionados.

Quadro 3.2 – Mapa de trabalhos abordado

Mapa de trabalhos	
5.4	ESTRUTURA METÁLICA
5.4.1	Fornecimento e montagem de elementos metálicos, em aço S275, incluindo ligações e acessórios, decapagem ao grau Sa 2.1/2 , incluindo ligações, acessórios e tratamento de acordo com as Condições Técnicas e Definição de Preços Unitários
5.4.1.1	Aço enformado
5.4.1.1.1	Perfil oco de secção circular de diâmetro 610 mm e espessura de 8,8 mm
5.4.1.1.2	Perfil oco de secção circular de diâmetro 273 mm e espessura de 6,3 mm
5.4.1.1.3	Perfil oco retangular 150x150x10
5.4.1.1.4	Perfil oco retangular 150x150x5
5.4.1.1.5	Tubo oco de secção quadrada 50x50x5
5.4.1.1.6	Tubo de Ø 50 mm em corrimão
5.4.1.1.7	Tubo de Ø 40 mm em corrimão
5.4.1.2	Aço em elementos laminados
5.4.1.2.1	Perfil UPN 180
5.4.1.2.2	Perfil UPN 160
5.4.1.2.3	Perfil TPN 90
5.4.1.2.4	Cantoneira LNP 150x150x12
5.4.1.2.5	Cantoneira LNP 80x80x8
5.4.1.2.6	Cantoneira LPN 50x50x5
5.4.1.2.7	Cantoneira LPN 40x40x4

5.4.1.2.8	Barra 70x20
5.4.1.2.9	Barra 70x10
Quadro 3.2 – Mapa de quantidades e trabalhos abordado (continuação)	
5.4.1.2.10	Varão de Ø 12 mm
5.4.1.2.11	Chapa de 25 mm de espessura
5.4.1.2.12	Chapa de 20 mm de espessura
5.4.1.2.13	Chapa lisa de 16 mm de espessura
5.4.1.2.14	Chapa lisa de 15 mm de espessura
5.4.1.2.15	Chapa lisa de 12 mm de espessura
5.4.1.2.16	Chapa lisa de 10 mm de espessura
5.4.1.2.17	Chapa lisa de 8 mm de espessura
5.4.1.2.18	Chapa lisa de 6 mm de espessura
5.4.1.2.19	Chapa lisa de 5 mm de espessura, nas paredes, cobertura e palas das caixas dos elevadores, de acordo com desenho de pormenor.
5.4.2	Fornecimento e montagem dos pavimentos, em aço S275, em chapa de aço lisa, com lixagem de toda a superfície e uma limpeza ao grau Sa 2 1/2 , com tratamento e acabamento de acordo com as Condições Técnicas e Definição de Preços Unitários.
5.4.2.1	Chapa lisa de 8 mm de espessura, no pavimento do tabuleiro
5.4.3	Fornecimento e montagem de elementos metálicos, em aço S275, incluindo ligações e acessórios, decapagem ao grau Sa 2.1/2 e tratamento e acabamento de acordo com o definido nas Condições Técnicas e Definição de Preços Unitários.
5.4.3.1	Chapa gota (folha de oliveira), de 4/6 mm de espessura, no pavimento das escadas
<b>5.7</b>	<b>SINALÉTICA</b>
5.7.1	Fornecimento e montagem de painéis de sinalética em chapa de alumínio termolacado, de acordo com o desenho específico e respeitando as características do Manual de Sinalética - Guia para aplicação gráfica de sinalética em estações ferroviárias REFER MN.CCA.001, e Condições Técnicas incluindo suportes, fixações, pictogramas e texto em vinil autocolante e todos os restantes acessórios e trabalhos complementares, de acordo com desenho de projeto

5.7.1.1	Painel tipo P1, com as dimensões 600 x 300 mm e modulação 300 x 300 mm, dupla face, com fixação em bandeira
---------	---

Quadro 3.2 – Mapa de quantidades e trabalhos abordado (continuação)

5.7.1.2	Painel tipo P2, com as dimensões 600 x 300 mm e modulação 300 x 300 mm, dupla face, com fixação em bandeira
5.7.1.3	Painel tipo P3, com as dimensões 900 x 300 mm e modulação 300 x 300 mm, uma face, com fixação em poste
5.7.1.4	Painel tipo P4, com as dimensões 900 x 150 mm e modulação 150 x 150 mm, uma face, com fixação em parede
5.7.1.5	Painel tipo P5, com as dimensões 900 x 150 mm e modulação 150 x 150 mm, uma face, com fixação em parede
5.7.1.6	Painel tipo P6, com as dimensões 900 x 150 mm e modulação 150 x 150 mm, uma face, com fixação em parede
5.7.1.7	Painel tipo P7, com as dimensões 900 x 150 mm e modulação 150 x 150 mm, uma face, com fixação em parede
<b>5.8.5</b>	<b>ILUMINAÇÃO</b> - Inclui o fornecimento e montagem de todos os acessórios e trabalhos complementares necessários, nomeadamente, buçins, lâmpadas, driver's, balastros eletrónicos, cablagem, acessórios de fixação e ligação.
5.8.5.1	Fornecimento e montagem de armadura de iluminação do tipo F1.
5.8.5.2	Fornecimento e montagem de armadura de iluminação do tipo F1+K.
5.8.5.3	Fornecimento e montagem de armadura de iluminação do tipo F2+k.
5.8.5.4	Fornecimento e montagem de armadura de iluminação de segurança, permanente, do tipo E1. Inclui pictograma normalizado - SAÍDA DE EVACUAÇÃO PARA A ESQUERDA, aplicado em fábrica na luminária.
5.8.5.5	Fornecimento e montagem de armadura de iluminação de segurança, permanente, do tipo E1. Inclui pictograma normalizado - SAÍDA DE EVACUAÇÃO PARA A DIREITA, aplicado em fábrica na luminária.

Finalmente, e este é de facto o objetivo máximo num futuro próximo de modo a permitir que o BIM seja adotado a nível nacional, é necessário compreender como podem ser criados fluxos de informação ao longo do processo construtivo. Este é porventura um dos maiores desafios da indústria neste momento no que diz respeito ao *BIM*. Importa entender quais são as entidades, e quais são as informações, a ser trabalhadas em cada momento. A figura 3.6 exemplifica a metodologia de acordo com o *RIBA Plan of Works* e demonstra a evolução ideal dos modelos em cada fase do projeto. Ainda que a figura seja meramente esquemática, pode aplicar-se a qualquer objeto.

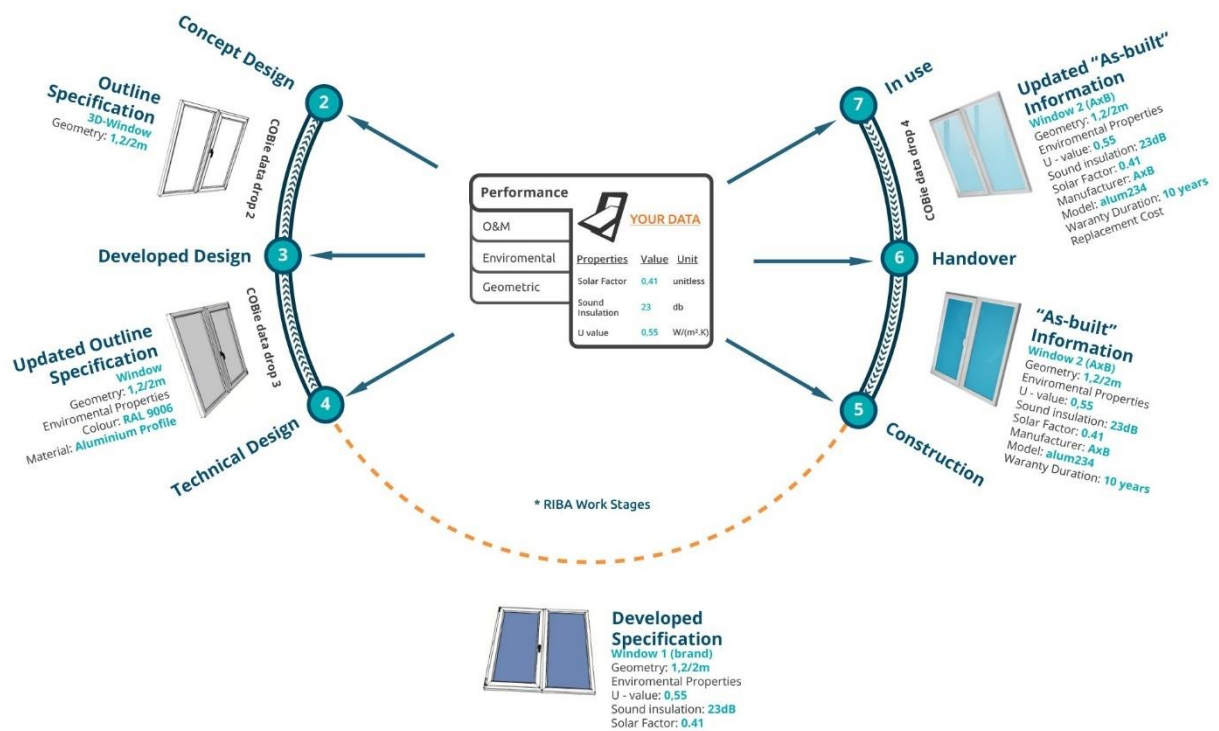


Fig.3.6 – Evolução ideal da informação ao longo do processo construtivo (adaptado de [22])

## 4

IMPLANTAÇÃO EM REVIT® DO  
CASO DE ESTUDO

## 4.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo, será abordada a temática de como foi trabalhar com um projeto já existente e implementá-lo em Revit®. Foi utilizada a versão Revit® 2016 em língua inglesa.

Serão apresentados todos os processos de trabalho utilizados em ambiente Revit® de modo a fazer a implementação correta dos elementos de projeto, assim como referências periódicas ao mapa de quantidades e trabalhos, de modo a garantir a conformidade entre o que já existe e o que foi elaborado no *software*.

Foi utilizada a *structural template* base do Revit® 2016, tendo em conta que o que estamos a modelar, é essencialmente uma estrutura metálica. Não foram por isso, trabalhados elementos de fundações como sapatas ou estacas, sendo quaisquer referências a estes últimos apenas feitas para fazer a implantação correta dos elementos metálicos ligados a estes.

Ao nível das famílias de objetos, foram utilizadas sempre que possível as nativas do Revit® disponibilizadas no *website* da Autodesk tendo em conta que estas são as mais fidedignas e bem parametrizadas ao nível gráfico e de informação. No entanto, algumas das famílias presentes tiveram que ser criadas no editor de famílias de raiz, visto que as bibliotecas disponíveis, tanto da Autodesk como outras não contêm todos os tipos de elementos. Por exemplo: pilares metálicos, existentes na indústria da construção civil.

## 4.2. REVIT, OBJETOS ,FAMÍLIAS E TEMPLATES

## 4.2.1. AMBIENTE REVIT

O Revit® é um *software* da empresa Autodesk que utiliza a metodologia BIM (*Building Information Modeling*) para realizar trabalhos de arquitetura, estruturas, MEP (*Mechanical, Electrical and Plumbing*). Pode também ser utilizado por *Designers* e Empreiteiros.

Este *software* permite a criação de um modelo gráfico em 3 dimensões de uma obra ou projeto à qual estão associadas determinadas características específicas que transcendem as dimensões gráficas associadas a *softwares* CAD (*Computer Aided Design*) que por si só, de um modo geral, apenas fazem uma representação geométrica, mais ou menos fidedigna. Podemos também, extrair vários tipos de informação útil para o uso em obra.

#### 4.2.2. OBJETOS

Os objetos do *Revit*® são os elementos que formam o modelo ou ficheiro no qual se está a trabalhar. Todos os elementos que possam ser selecionados no *software* e materializados em 3 dimensões (quer estes estejam visíveis ou não) são considerados objetos.

Um conceito intimamente ligado à palavra objeto é o de “Parametrização”. Uma das funcionalidades dos objetos associados ao *Revit*® é a possibilidade de lhes atribuir características e parâmetros editáveis à medida que os estamos a inserir num projeto. O exemplo mais simples que pode ser demonstrado é o de parametrizar uma das 3 dimensões físicas de um objeto; Figura 4.1.

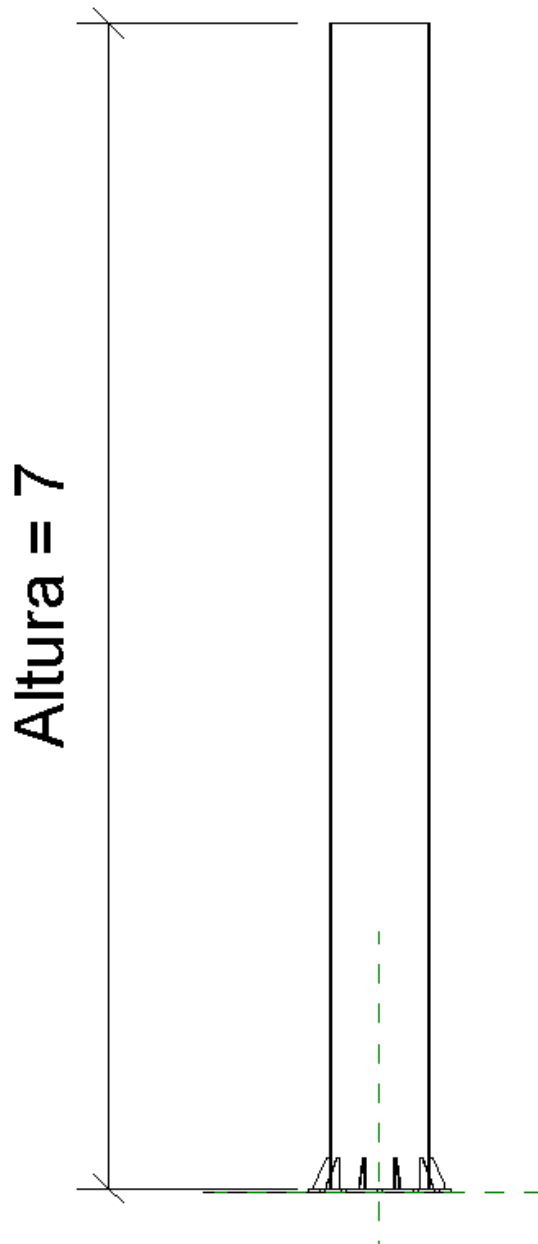


Fig.4.1 – Altura de pilar metálico P3 parametrizada



Exemplifica-se na Fig.4.1 uma das necessidades em parametrizar um dos pilares em que se apoiam os vãos de escada do nosso projeto. O que se passa neste caso, é que temos vários pilares P3 idênticos em que a única diferença entre eles é a sua altura. Como se perceberá, não faria sentido a nível profissional replicar elementos com elevado detalhe, como a base do pilar P3 neste caso, um a um, quando podemos parametrizá-los; Figura 4.2.

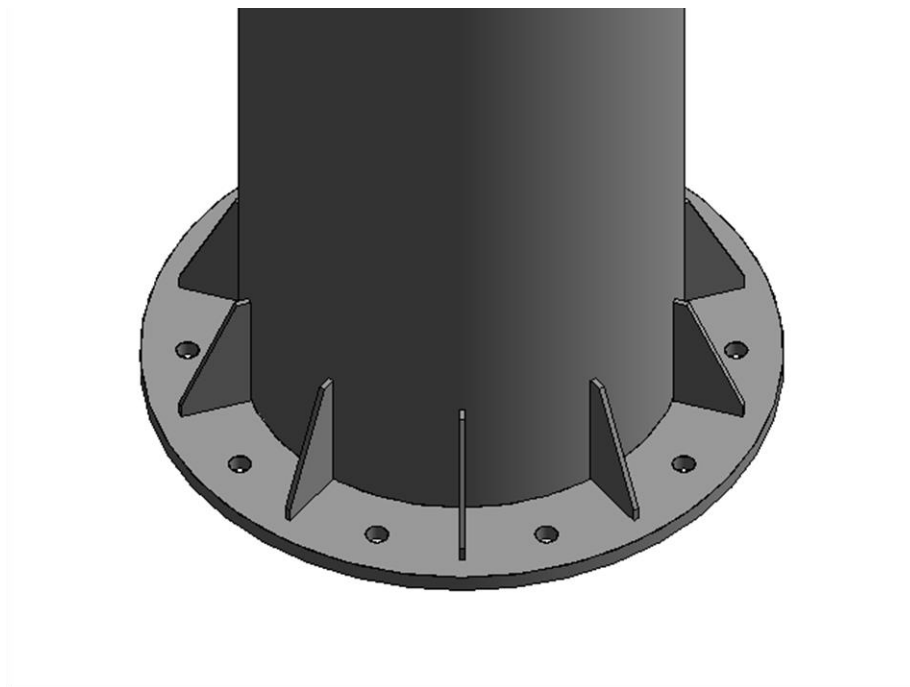


Fig.4.2 – Pormenor da base do pilar P3

Há, sem margem para dúvidas, objetos únicos que não necessitam de ser parametrizados, por exemplo: peças de mobiliário únicas, parafusos e ligações metálicas que seguem normas e standards específicos. No entanto é uma boa prática parametrizar objetos cujas dimensões e parâmetros possam variar. A qualidade de um objeto passa por isso, em parte, pela possibilidade ou não de este ser parametrizado.

#### 4.2.3. FAMÍLIAS DE OBJETO

Aquilo que se denomina por famílias de objetos em *software BIM*, são essencialmente características intrínsecas de determinados objetos. Dentro das famílias, ainda se pode ter subfamílias ou subtipos. Por exemplo: se for criada uma parede genérica no *Revit*® utilizando a sua biblioteca nativa, rapidamente se perceberá, ao explorar as características do objeto, que esta tem propriedades que só uma parede deve logicamente ter. Do mesmo modo, qualquer outra família terá também características únicas. Se se analisar um exemplo de uma parede genérica com 4m de altura, depressa se perceberá que uma parede, além da espessura e comprimento, tem que estar representada entre dois níveis, neste caso o “*Level 2*” a 4 metros de altura e o “*Level 1*” a 0 metros; Figura 4.3.

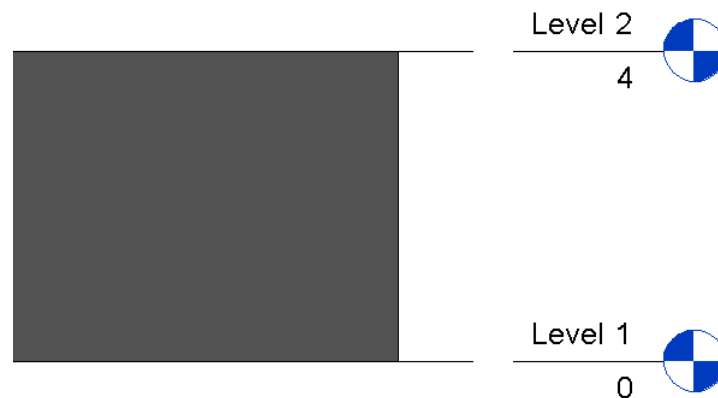


Fig.4.3 – Alçado de parede genérica com 4m de altura

Ao seleccionar o objeto “*Generic – 200mm*” da família de paredes “*Basic Wall*”, é possível aceder-se às propriedades do mesmo. Exemplifica-se na Figura 4.4, que na subpropriedade “*Constraints*”, pode-se verificar algumas das características editáveis deste tipo de famílias. Por exemplo: ao se criar a nossa parede pode-se, à priori, definir entre que níveis é que esta está. Neste caso, a “*Base Constraint*” está definida para o nível 1 e a “*Top Constraint*” está atribuída até ao nível 2. Ou seja: a nossa parede está delimitada inferiormente pelo nível 1 e pode ir até ao nível 2.

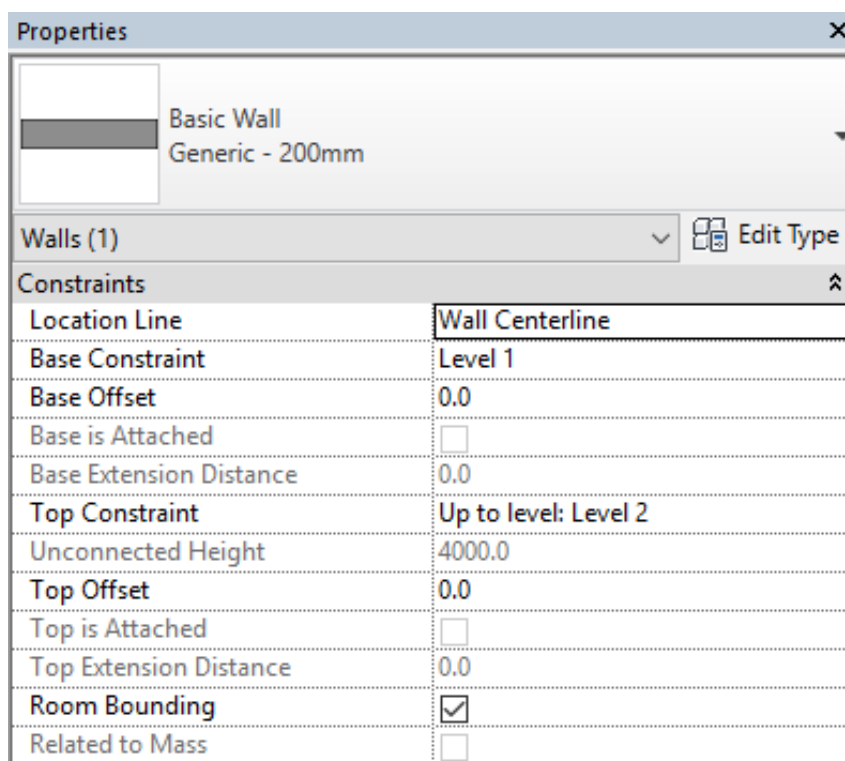


Fig.4.4 – Exemplo de algumas das propriedades de uma parede

Outro exemplo particular do tipo de famílias são as janelas. Ao usar uma família de janelas, sejam elas nativas do *Revit*® ou criadas no editor de famílias, estas estão diretamente dependentes de outros objetos. Uma prova de que tal se verifica, é o facto de não ser permitida a existência de uma janela num modelo sem esta estar associada a uma parede.

#### 4.2.4. TEMPLATES

*Templates*, ou “*project templates*” são essencialmente o nosso ponto de partida quando se abre um projeto novo em *Revit*®. O próprio *software* já contém alguns *templates* base que devem ser escolhidos conforme o tipo de modelo que se vai elaborar. No entanto, é possível criar *templates* pessoais adequadas às preferências do modelador. Nas diferentes *templates* pode-se fazer variar vistas e cortes pré-definidos, unidades utilizadas, famílias presentes no projeto antes de este ser modelado, etc.

Neste trabalho académico, foi usada a *template* base de estruturas nativa do *Revit*®, tendo em conta que este projeto foi executado como ponto de partida sem por isso ter sido feita uma *template* personalizada. Isto não significa que o projeto está mais ou menos incompleto. Significa apenas que se partiu de um projeto em “branco” sem famílias ou detalhes personalizados que foram sendo adicionados e editados à medida que o modelo ganhou forma.

### 4.3. IMPLANTAÇÃO

#### 4.3.1. PEÇAS DESENHADAS E CAD

Numa primeira abordagem a este tipo de trabalho, tem-se a particularidade de trabalhar com um projeto já existente. Esse facto, fará com que a correta implantação dos elementos esteja diretamente dependente da qualidade do projeto. O problema é que por vezes a qualidade do projeto por si só não basta, devido à natureza do *Revit*®. Visto que se está a trabalhar com uma precisão muitas vezes superior à milimétrica, ao se olhar para o projeto, por mais bem detalhado que este esteja, encontrar-se-á sempre pequenos erros, imprecisões e omissões que o *software* não consegue respeitar. Isso obriga, num processo como o que se está a desenvolver, a tomar decisões sobre pequenas “contradições” existentes no projeto. Um exemplo de uma destas contradições foi o de, em certos casos, existirem cortes e alçados que estavam alguns milímetros desfasados fruto de pertencerem a documentos distintos. Erros tão pequenos que são indetetáveis a olho nu e muitas vezes negligenciáveis em papel e que em obra não “podem/devem” existir, quando se trabalha com este tipo de *software*. Este tipo de ocorrências será abordado com mais detalhe no capítulo 5.

A primeira tarefa a fazer depois de se escolher a *template* estrutural foi definir o numero de níveis inicialmente necessários e imprescindíveis para iniciar a modelação. É de extrema importância definir com precisão os valores das cotas visto que muitos dos objetos vão estar dependentes destas. Por exemplo: algumas das vidas metálicas podem estar associadas a níveis, o que significa que se a cota do nível for alterada todas essas vigas irão movimentar-se da mesma forma. Em última instância, no caso de isto se suceder, teremos outras vigas associadas a outros níveis que por sua vez estão conectadas com pilares e criaremos um problema com todo o projeto. Claro está que esta problemática só se põe porque o projeto já existe e estamos dependentes disso. Caso se tratasse de um projeto novo, não necessitaríamos, em principio, de fazer mais mudanças nas cotas dos níveis.

De modo a definir as alturas dos níveis foi utilizado o apoio das peças desenhadas, neste caso as telas finais, existentes em formato *.dwg* que foram recortadas nos pontos essenciais e importadas diretamente para vistas verticais no nosso modelo *Revit*®.

Existe a vantagem de se poder interagir diretamente com o modelo *.dwg* no *Revit*® garantindo por isso a precisão adequada dos níveis. Como se pode observar na Figura 4.5, foram criados os níveis “base” que se adequam ao projeto neste momento. Outros níveis poderão ser adicionados mais tarde, caso sejam necessários para detalhar algum pormenor. Mas para já, apenas ficaram definidos aqueles que delimitam a nossa estrutura metálica inferiormente, tomando esse como o nível “base” que se encontra à cota 0,00m do nosso projeto, e superiormente através do “Level 8” que se encontra à cota 10,92m. Os níveis intermédios representam essencialmente os patamares do nosso vão de escadas. De notar que o que é visível na Figura 4.5, apenas os níveis foram criados no *Revit*®. Tudo o resto é uma imagem em 2D importada de um ficheiro *.dwg*.

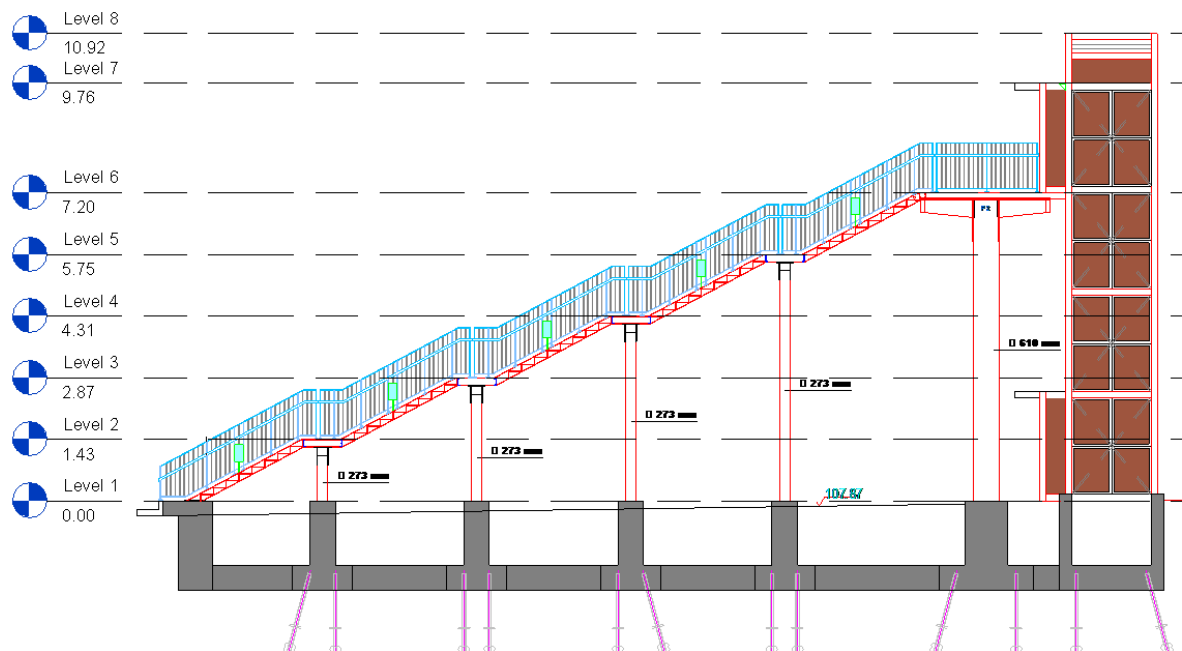


Fig.4.5 – *import CAD* auxiliar num alçado na criação de níveis

O próximo passo foi o de importar todos os cortes e plantas existentes em formato *.dwg* para os níveis a que estes correspondem. No entanto, algumas das plantas não foram utilizadas diretamente por serem plantas de pormenor; outras tiveram que ser editadas em *AutoCAD*® por conterem linhas, com informação topográfica e de elementos já existentes, que em nada ajudam o levantamento dos elementos da estrutura metálica. A edição que foi feita nestes ficheiros *.dwg*, passou essencialmente por eliminar todas as linhas que não continham informação vital para posicionar ou identificar corretamente os objetos do projeto. Na Figura 4.6. representa-se a plana de implantação mais importante visto que nela se consegue identificar a localização das sapatas e dos pilares, conseguindo assim criar um levantamento correto da estrutura, em conjunto com os cortes. Mais uma vez, a imagem mostra uma das plantas em ficheiro *.dwg* que neste caso está visível no nível 1. Existe a opção de esta se tornar visível apenas no primeiro nível ou em todos os níveis.

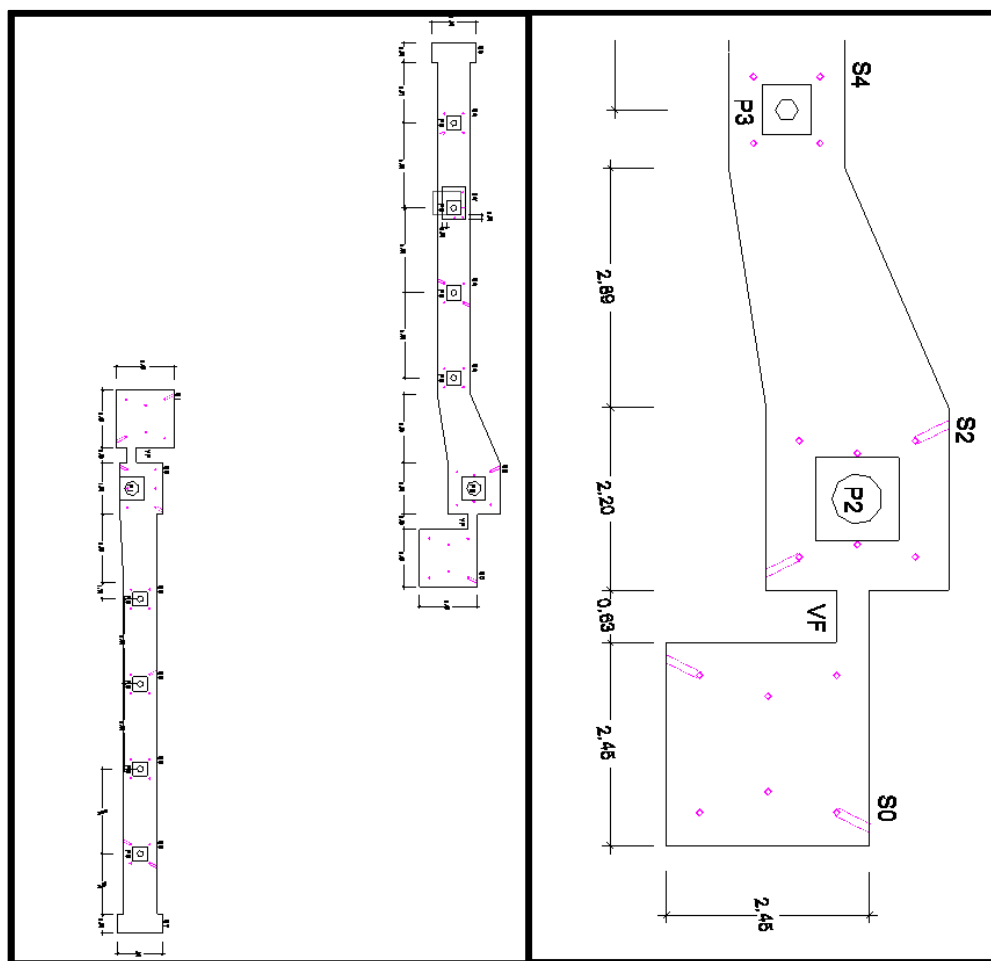


Fig.4.6 – import CAD auxiliar no nível 1 do projeto

## 4.4. MODELAÇÃO

### 4.4.1. INTRODUÇÃO

































Após a preparação prévia do nosso modelo, foi possível iniciar a modelação 3D de uma forma mais correta. O que deveria ter sido feito nesta fase, era analisar todos os objetos presentes no mapa de quantidades e trabalhos, a ser implementados no modelo e verificar, quais é que se conseguem encontrar na biblioteca nativa do *Revit*® ou noutras disponíveis online que contenham “bons” objetos. Todos aqueles que não existam, terão que ser modelados no criador de famílias nativo do *Revit*®. Este processo tem algum interesse, pois é através dele que se conseguem criar os próprios objetos para dar resposta às nossas necessidades enquanto modeladores. Todo o tempo a mais que se perder nesta fase para desenvolver famílias de objetos com qualidade, será devolvido proporcionalmente em projetos futuros. Isto significa que qualquer corte, alçado ou mesmo mapas de quantidades extraídos do *software* serão sempre mais fidedignos e corretos. Em contrapartida, se se criarem más famílias de objetos, ter-se-á um projeto mais pobre.

### 4.4.2. MODELAÇÃO DE FAMÍLIAS DE OBJETOS

Para exemplificar este processo, recorrer-se-á ao exemplo do pilar por ser um elemento de fácil compreensão. Verificou-se que os pilares existentes no projeto eram elementos de alguma

complexidade, aparecendo por isso nas peças desenhadas com bastante pormenor. Com base nestes desenhos em *.dwg*, foi feito algo análogo ao referido no capítulo 4.3. Sendo que neste caso, foi utilizado um projeto em *Revit*® específico para a criação de famílias. Os ficheiros criados nestes projetos denominam-se: “Família do Autodesk *Revit* (*.rfa*)”.

Quando se abre um novo projeto de famílias, ao contrário do que acontece num projeto normal de *Revit*®, são dispostas dezenas de *templates* para cada tipo de família. O que se verificou, é que não se está, na generalidade, obrigado a escolher o tipo de família que se vai criar *à priori*. Na generalidade dos casos, é aceitável escolher uma família genérica “*Metric Generic Model*” que pode ser mais tarde editada e atribuída a uma categoria de famílias correspondente. Tendo em conta a elevada complexidade de alguns dos *templates* para este tipo de modelação, que requerem um conhecimento avançado em *Revit*®, tomou-se a *template* “*Metric Generic Model*” com a *template* base para os objetos criados neste trabalho. A Figura 4.7 mostra alguns dos exemplos de *templates* que podem ser escolhidos.

Nome	Data de modificaç...	Tipo	Tamanho
 Metric Furniture System	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	268 KB
 Metric Furniture	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	268 KB
 Metric Generic Model Adaptive	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	284 KB
 Metric Generic Model ceiling based	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	272 KB
 Metric Generic Model face based	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	268 KB
 Metric Generic Model floor based	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	268 KB
 Metric Generic Model line based	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	272 KB
 Metric Generic Model Pattern Based	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	224 KB
 Metric Generic Model roof based	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	272 KB
 Metric Generic Model two level based	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	268 KB
 Metric Generic Model wall based	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	272 KB
 Metric Generic Model	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	268 KB
 Metric Lighting Fixture ceiling based	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	292 KB
 Metric Lighting Fixture wall based	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	272 KB
 Metric Lighting Fixture	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	268 KB
 Metric Linear Lighting Fixture ceiling based	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	272 KB
 Metric Linear Lighting Fixture wall based	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	272 KB
 Metric Linear Lighting Fixture	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	268 KB
 Metric Mechanical Equipment ceiling based	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	288 KB
 Metric Mechanical Equipment wall based	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	272 KB
 Metric Mechanical Equipment	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	268 KB
 Metric Parking	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	260 KB
 Metric Planting	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	268 KB
 Metric Plumbing Fixture wall based	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	272 KB
 Metric Plumbing Fixture	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	268 KB
 Metric Profile	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	232 KB
 Metric Profile-Hosted	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	232 KB
 Metric Profile-Mullion	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	232 KB
 Metric Profile-Rail	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	232 KB
 Metric Profile-Reveal	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	232 KB
 Metric Profile-Stair Nosing	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	232 KB
 Metric Railing Support	22/01/2015 16:01	Modelo de família...	272 KB

File name: Metric Generic Model  
Files of type: Family Template Files (\*.rft)

Fig.4.7 – Exemplos de *templates* nativos do *Revit*® para modelação de famílias

O passo seguinte foi o de criar extrusões a partir dos desenhos em *.dwg*. Genericamente, aquilo que se pretende fazer é criar volumes através de formas geométricas existentes no projeto em 2 dimensões. Quanto mais elevado for o detalhe das peças desenhadas, mais qualidade terão as nossas famílias. Na Figura 4.8 é mostrado que a complexidade moderada do pilar apenas requer um corte e um alçado para fazer a sua correta extrusão. Nesta fase pode-se também utilizar a ferramenta “*Annotate*” para marcar distâncias, neste caso em milímetros, e verificar se as dimensões manuscritas dos ficheiros *.dwg* são de facto as reais. Outra utilidade, é ver quais são as dimensões omissas. É uma boa prática utilizar, sempre que possível, outros elementos de projeto para confirmar estas dimensões. Neste exemplo em concreto

tem-se uma dimensão errada, que aparece nas peças escritas como sendo de 25mm e que mede 22mm nos desenhos das peças desenhadas.

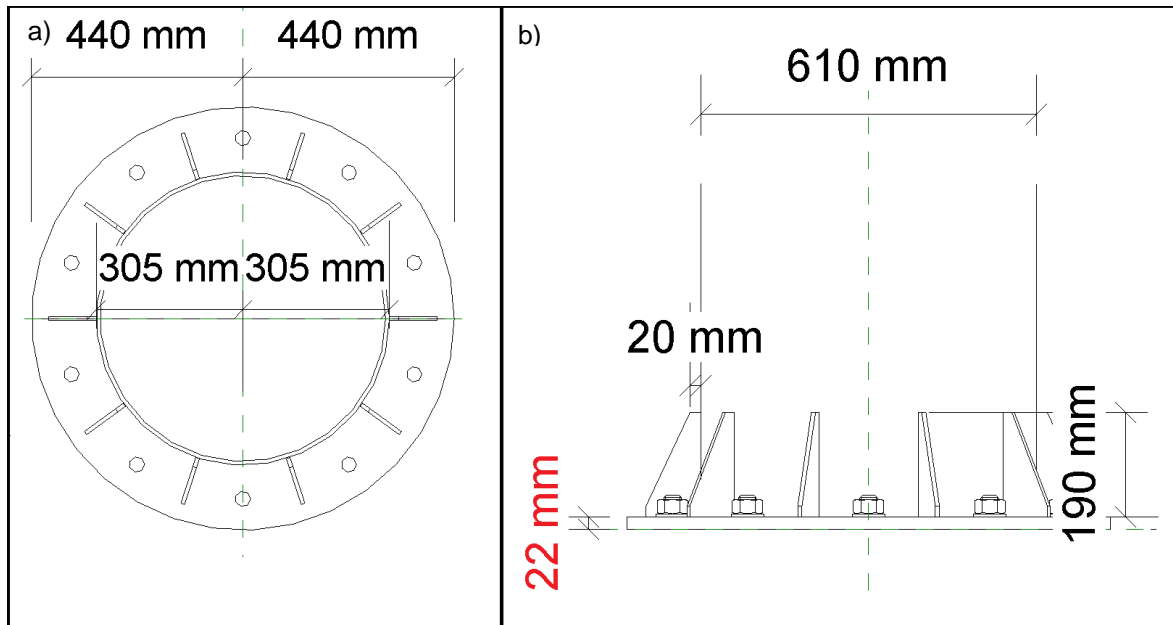


Fig.4.8 – a) Corte; b) alçado: base do Pilar P1

Após este processo, pode-se começar com a extrusão, admitindo que os 22mm estão de facto errados. Utilizando a ferramenta “*Extrusion*” podem-se seleccionar diversos polígonos da Figura 4.8 e criar um volume perpendicularmente ao plano em que estes estão. Este seria o método mais correto para objetos com esta complexidade. No entanto, existem múltiplas outras maneiras de criar extrusões através de ferramentas como o “*Sweep*”, que permite fazer um varrimento de um polígono ao longo de uma linha; Figura 4.8.

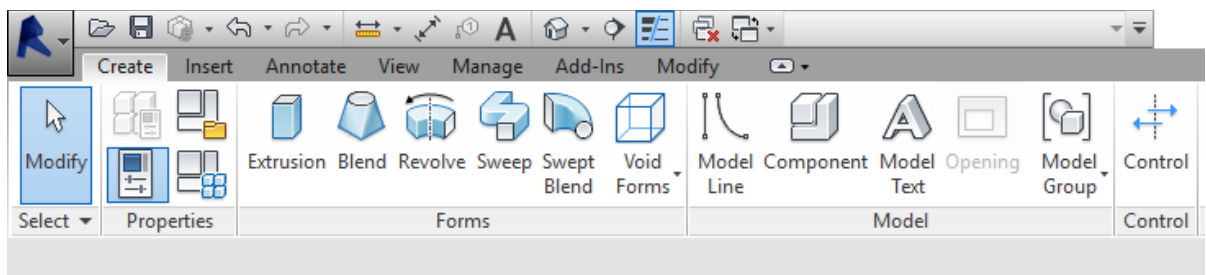


Fig.4.9 – Barra de Ferramentas do criador de famílias do Revit©

Quando seleccionados, os polígonos necessários ganharão volume como se pode verificar pela Figura 4.10. A extrusão pode ser editada nas propriedades de modo a garantir que a sua terceira dimensão, que neste caso em concreto é a altura, tem as dimensões corretas.

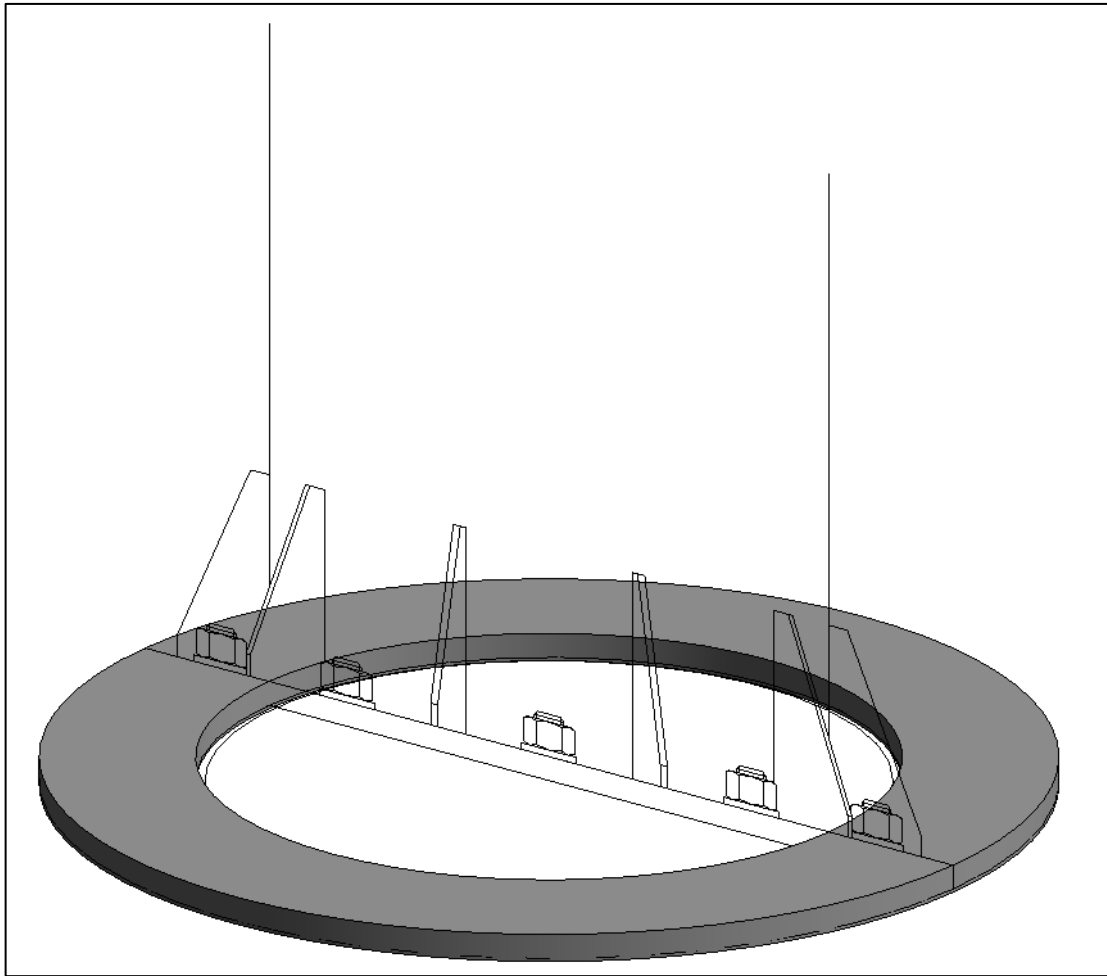


Fig.4.10 – Extrusão exemplo da base do pilar P1

Quando forem criadas todas as extrusões necessárias no pilar, ter-se-á outro problema: a não existência dos orifícios necessários para a colocação dos parafusos. Felizmente, existe uma ferramenta que permite a criação de “*Void Forms*” como podemos ver na Figura 4.8. Esta funcionalidade permite, da mesma forma que foram criadas as extrusões, criar vazios nas nossas volumetrias, permitindo assim total liberdade na criação de volumes mais ou menos complexos.

A nível de volumetrias, o objeto está essencialmente completo e terá o aspeto exemplificado na Figura 4.11. Restam agora dois passos importantes. O primeiro é o de parametrizar o pilar. Apesar de o pilar P1 ser único na obra, é uma boa prática fazer a sua parametrização tendo em conta que este pode ser útil em projetos futuros. O segundo é o de atribuir o objeto a uma categoria de famílias à qual este se adequa. É importante recordar que para já, este objeto é apenas um “*Metric Generic Model*” e não um pilar para o *software*. Isto, como se perceberá no Capítulo 6, terá implicações importantes.





Fig.4.11 – Extrusão completa do pilar

A parametrização é feita, conjuntamente com a extrusão, no editor de famílias. O que foi executado neste exemplo passou essencialmente por: seleccionar uma das dimensões previamente marcadas com a ferramenta “*Annotate*”, que neste caso em concreto foi a altura, e adicionar um parâmetro através da ferramenta “*Modify / Dimensions*”; Figura 4.12 a)

De seguida abriu-se a janela “*Parameter Properties*”, que permite editar diversos tipos e de características associadas ao nosso parâmetro. Ao nível de tipos, podemos ter: “*Family parameter*”, que limitam o nosso parâmetro a esta família, fazendo com que algumas características associadas ao objeto exportado não passem para o nosso projeto. O que isto significa, é que apesar da variante “altura” poder ser editada no projeto em *Revit© .rvt* (relembro que neste exemplo não se está a trabalhar num projeto em *Revit© .rvt* mas num projeto de famílias *Revit© .rfa*), as informações correspondentes a este parâmetro não aparecerão nos “*Schedules*” (Mapas de quantidades e trabalhos) do projeto. Isto pode ser bastante importante, e dependerá obviamente de que tipo de informações serão necessárias em obra. Caso sejam necessárias estas informações, deve ser escolhida a opção “*Shared Parameter*” que como o nome indica, irá partilhar a informação relativa à altura do pilar com o projeto. Tendo em conta as

dimensões da obra e visto tratar-se de um pilar único, aparentemente não haverá problema em escolher a primeira opção “*Family parameter*”.

Assumindo que se escolheu a primeira opção, em “*Parameter Data*” é possível escolher o nome da variante, que neste caso seria “Altura”, e dizer que esta é uma “*Dimension*” (Dimensão) em “*Group parameter under*”. Esta opção permite dizer ao *software* qual foi o tipo de parâmetro associado à família, o que significa que poderia ser uma força, carga elétrica, caudal etc. Isto permitirá ao *Revit*© fazer uma exportação correta de informação para *softwares* estruturais, como por exemplo, o *Robot*©.

Por ultimo, tem-se a opção de escolher “*Type*” ou “*Instance*” em “*Parameter Data*”. Está opção, caso se escolha “*Type*”, fará com que quando a nossa família for exportada para o projeto só possa assumir um valor para a sua altura. Isto significa que se tivéssemos 4 pilares P1 no projeto, todos eles teriam que ter a mesma altura em simultâneo. Ao se escolher a opção “*Instance*” (Instância), estar-se-á a permitir que existam vários pilares da mesma família, com diferentes alturas no mesmo projeto; Figura 4.12 b)

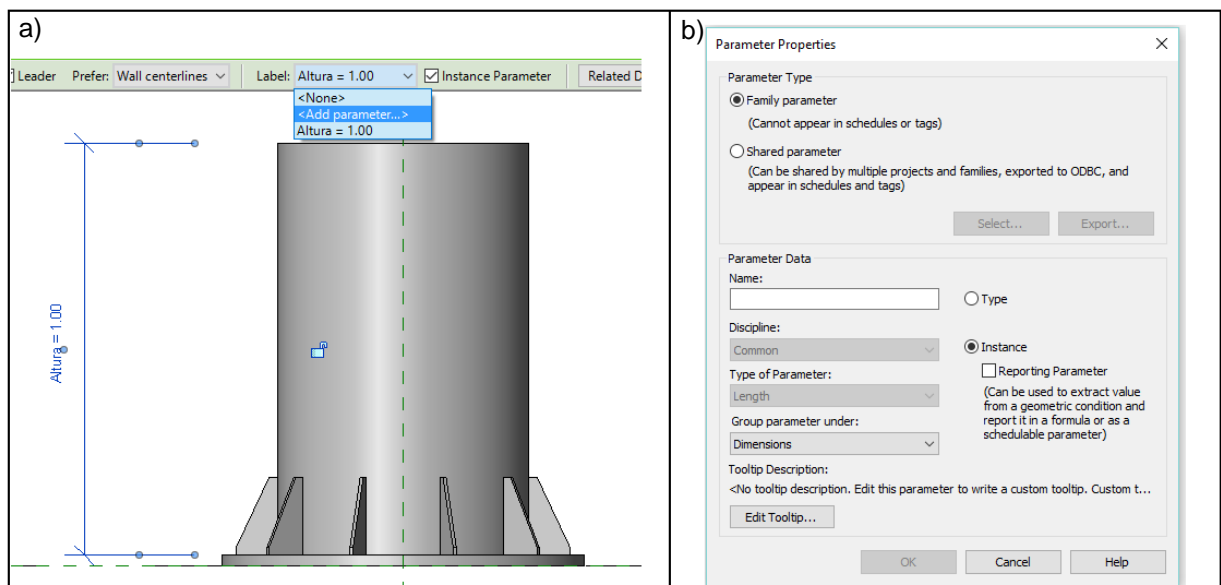


Fig.4.12 – a) Adição e b) Edição de parâmetros

Resta fazer corresponder corretamente a nossa família à sua categoria. Por ser um pilar, usando a ferramenta “*Family Category and Parameters*”, foi escolhida a categoria “*Structural Columns*” na lista de categoria de estruturas; Figura 4.13.

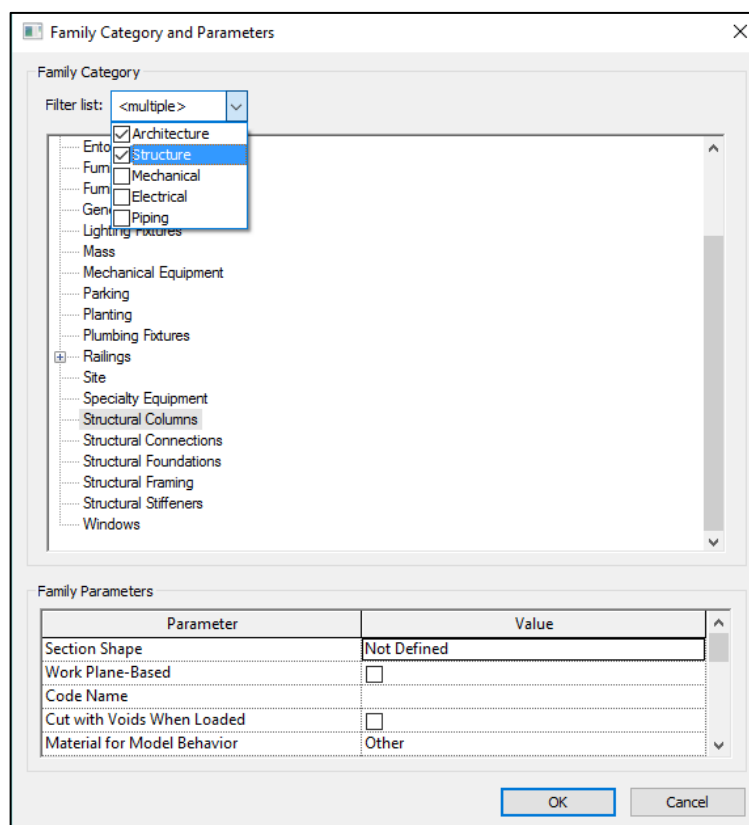


Fig.4.13 – Seleção da categoria de famílias

#### 4.4.3. IMPLANTAÇÃO

##### 4.4.3.1. Pilares

Após a correta implementação de todos os elementos de apoio em 2D, e da criação de todas as famílias de objetos, poder-se-á então iniciar a modelação do nosso projeto em *Revit® .rvt*. É importante ter as famílias bem organizadas, porque o próximo passo é carregá-las para o projeto.

O primeiro passo foi colorar os pilares no nosso nível 1. Exemplifica-se na Figura 4.14 a colocação dos pilares em planta. Importa relembrar que a altura pode ser editada como se pode ver na tabela das propriedades. Outro dado adicional disponível ao nível das dimensões, neste objeto em concreto, é o volume. Este valor variará com a altura que for atribuída ao pilar.

Aqui surgem algumas dificuldades, nomeadamente a de garantir que os nossos pilares ficam exatamente alinhados com a planta das fundações. Se se estivesse a trabalhar num projeto novo, bastaria marcar corretamente as distâncias entre cada um e colocar rapidamente os pilares, mas neste caso tem que se garantir a conformidade entre os objetos e as peças desenhadas. Outro problema é a conformidade entre as plantas e os alçados. Existem certas falhas como foi anteriormente referido, mas este tema será analisado posteriormente no capítulo 5. Resta apenas referir que os desenhos que foram tomados como os corretos, são os correspondentes aos cortes em planta.

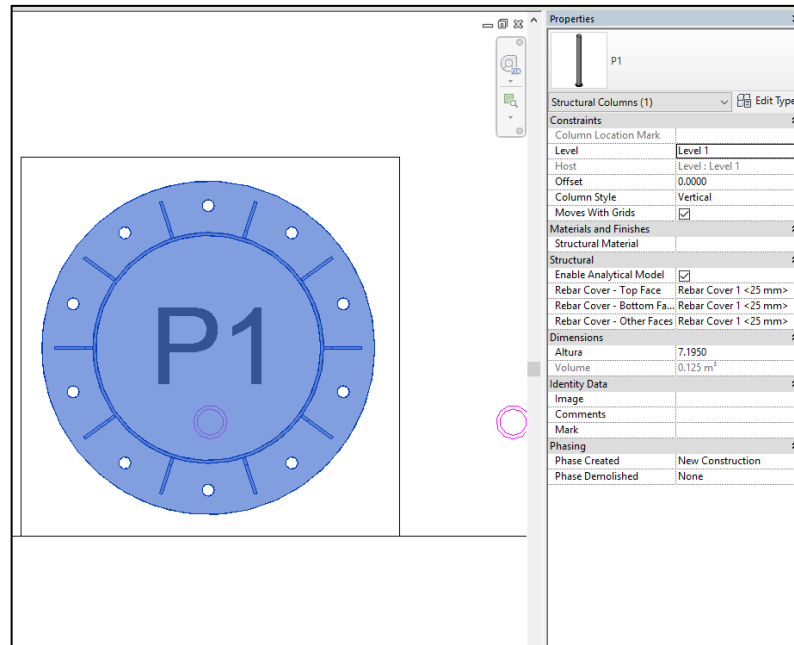


Fig.4.14 – Máscara CAD a preto e objeto Revit® a azul

Exemplifica-se na Fig.4.15 uma planta do nível 1, que mostra representado a vermelho os nossos pilares colocados “em cima” da planta das sapatas disponível nas peças desenhadas. Esta vista foi posteriormente editada de modo a mostrar todos os pilares estruturais a vermelho. Do mesmo modo, podemos criar tramas para qualquer tipo de elemento em qualquer vista. Isto pode ter bastante utilidade em vários casos. Como por exemplo: fazer uma distinção correta do que existe e do que será construído no caso de obras de reabilitação, fazer uma representação esquemática do interior de certos ductos etc.

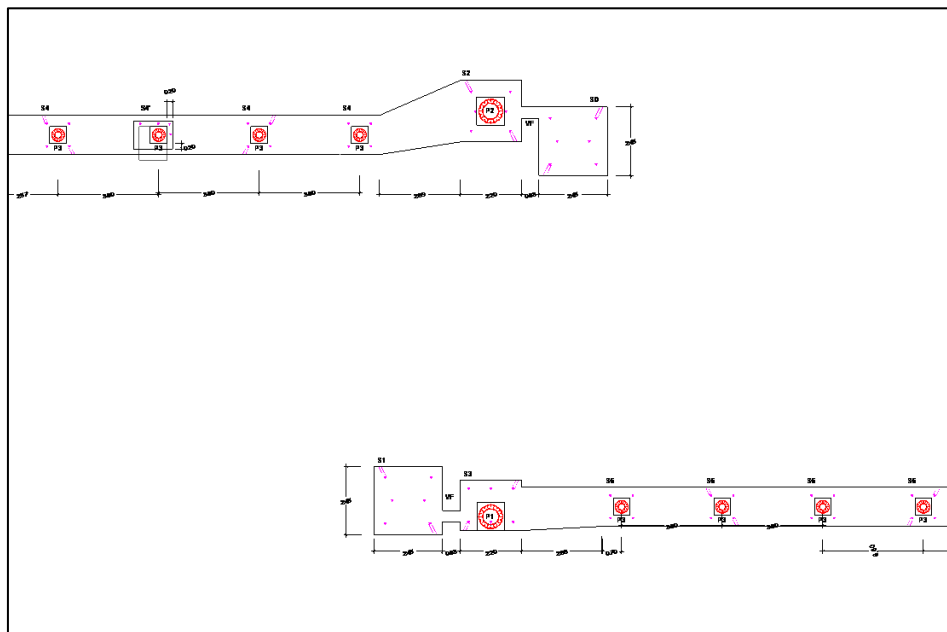


Fig.4.15 – Corte do nível 1 com os pilares implantados a vermelho

Nesta fase, já se está em condições para adicionar os restantes elementos. Foi privilegiada a colocação dos elementos metálicos em primeiro lugar, tendo em conta que todos os outros estão dependentes da colocação destes. No entanto, foi tomada a opção de colocar os capitéis metálicos dos pilares como objetos genéricos separados de modo a garantir a conformidade dos mesmos. Outro motivo para esta escolha, foi o facto de não se saber ao certo quais as alturas dos pilares. Daí o motivo pelo qual estes foram parametrizados. Exemplifica-se na Figura 4.16 um dos 3 tipos de capitéis modelados. Estes serão posteriormente abordados.

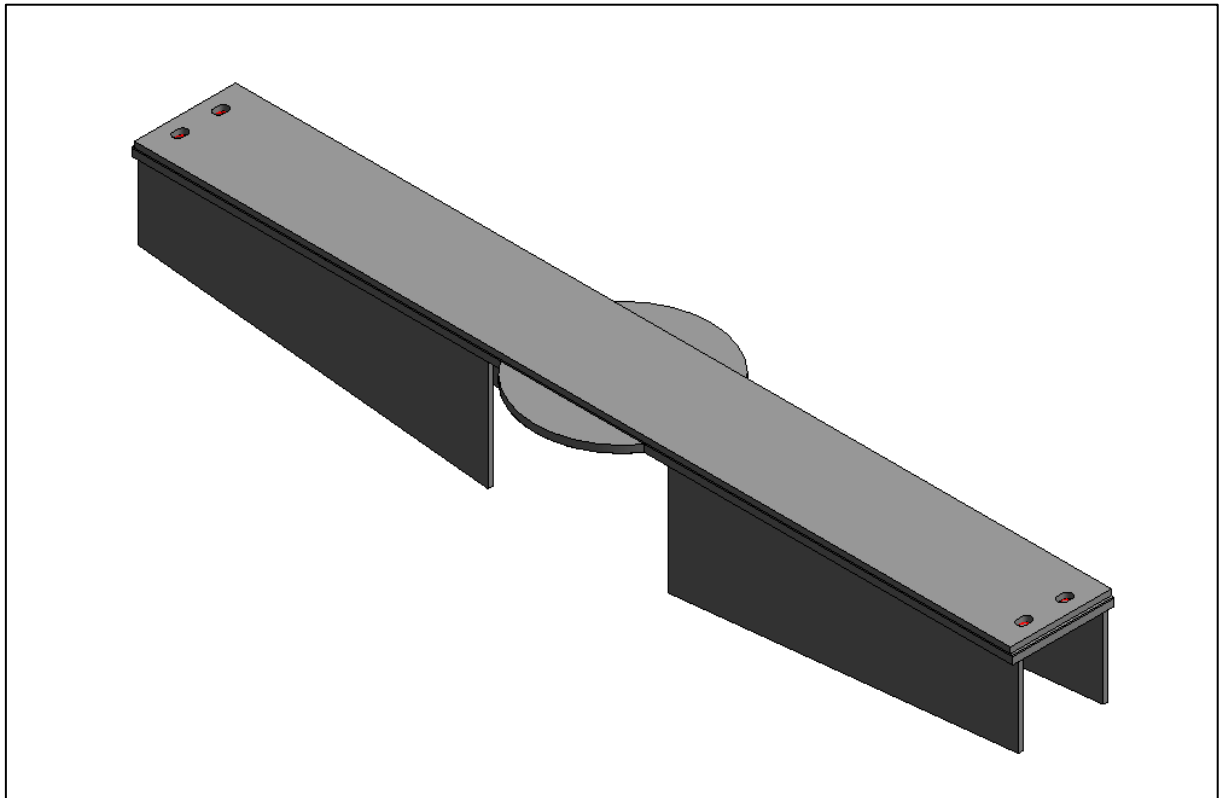
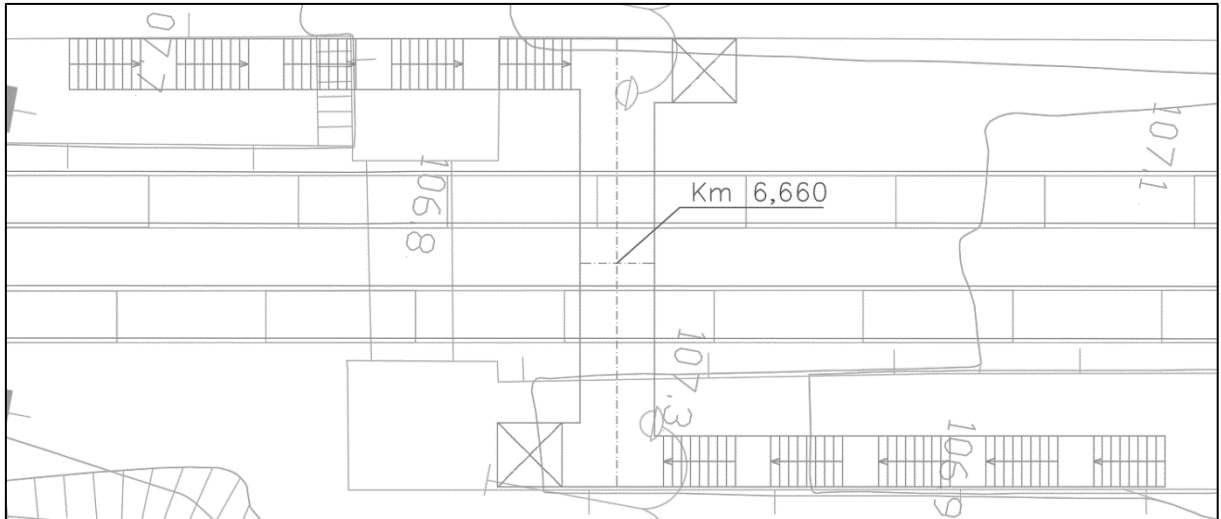


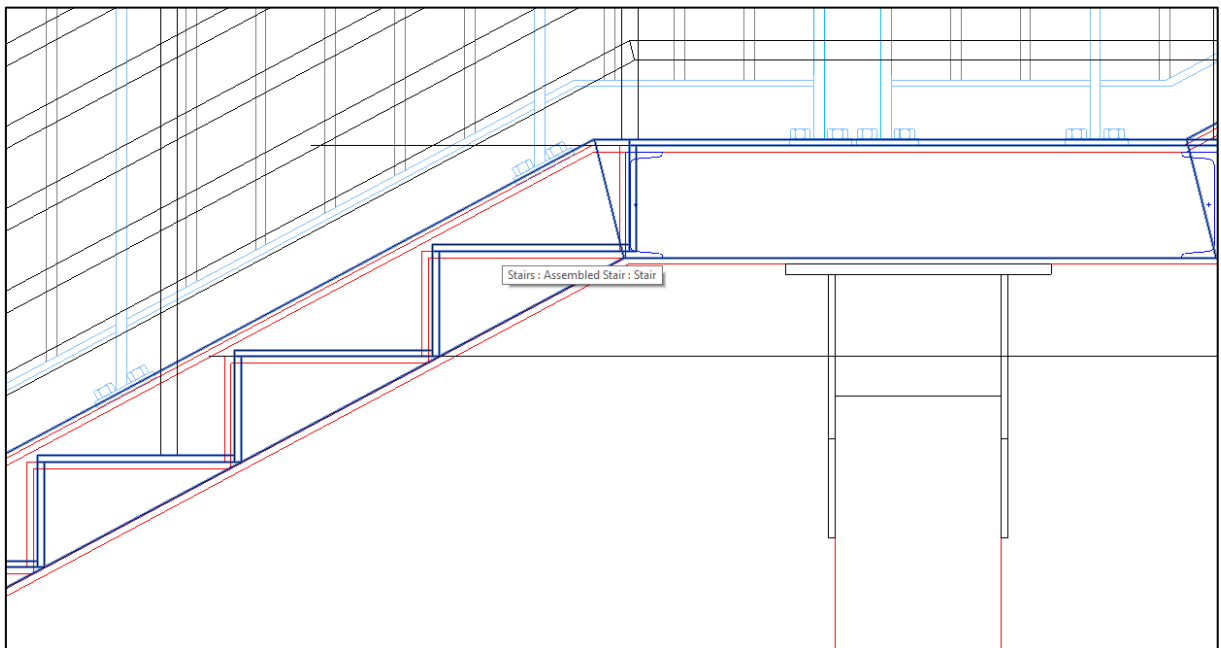
Fig.4.16 – Capitel metálico do pilar P1

#### 4.4.3.2. Escadas

As escadas são uma família de objetos no *Revit*®. No nosso projeto tem-se dois lanços de escadas metálicas que fazem ligação com o passadiço. Este tipo de famílias é bastante complexo e exige uma análise cuidada de todos os seus parâmetros. Além da escada em si, têm-se também os guarda corpos (ou corrimãos), que podem ser editados e customizados de modo a corresponderem aos já existentes. Exemplifica-se na Figura 4.17 a vista de cobertura das nossas escadas. Irá tomar o ficheiro *.dwg* dessa figura como a base para a correta modelação dos lanços.

Fig.4.17 – Vista de cobertura *in situ*

Além da Figura 4.17, será também necessário utilizar os cortes disponíveis nas peças desenhadas para conseguir uma correta implantação da altura dos patamares. É importante referir que é praticamente impossível replicar a escada ao mais ínfimo pormenor. Isto deve-se ao facto de se estar condicionado pelo método como o *Revit*® modela escadas. Exemplifica-se na Figura 4.18 um alçado lateral da escada em *Revit*® representado a azul, sobreposto ao desenho da escada original a vermelho. Como se pode verificar, os degraus estão ligeiramente desfasados. De qualquer modo, conseguiu-se manter o número original de degraus e a altura dos patamares desejada.

Fig.3.18 – Alçado lateral da escada em projeto sobreposto ao modelo em *Revit*®

Estes são alguns dos parâmetros que se conseguem modificar ao trabalhar com escadas no *Revit*®:

- Comprimentos, espessuras e camadas do cobertor e espelho
- Espessuras e camadas dos patamares;
- Guarda-Corpos;
- Largura das escadas e patamares;
- Etc.

Além destes, existe mais uma particularidade das escadas que exige especial atenção. Trata-se dos apoios laterais da escada. No projeto, os nossos apoios laterais são perfis metálicos UNP 180. Estes pertencem à família de objetos “*Profiles*” e exemplificam um tipo de famílias que estão dependentes da existência de outras, neste caso as escadas; Figura 4.19.

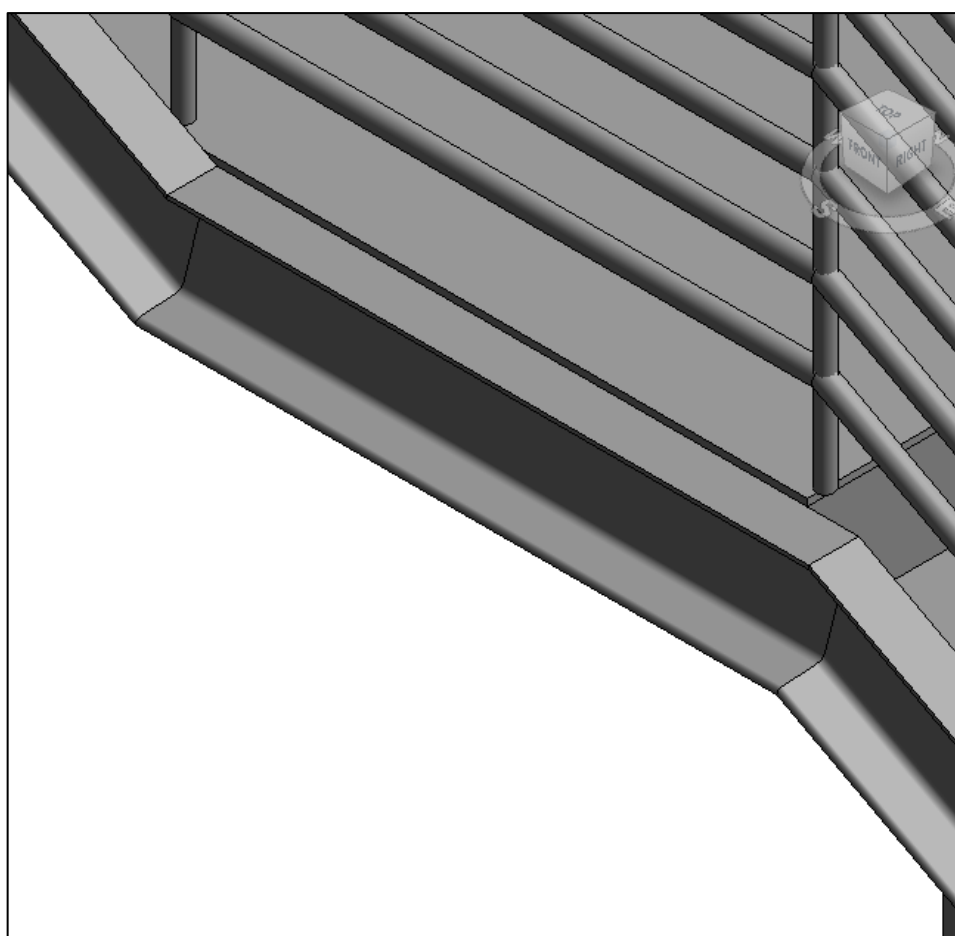


Fig.4.19 – Apoios laterais da escada, Perfil UNP 180

#### 4.4.3.3. Caixas de elevadores

Os elementos relativos à caixa de elevadores, são essencialmente barras e pilares metálicos, e painéis de vidro e metal. Do mesmo modo que foram implementadas as escadas, foram utilizados ficheiros *.dwg* no auxílio da implantação dos 4 pilares principais que formam as caixas de elevadores. Depois deste passo, foram adicionados alçados, existentes no projeto em formato *.dwg*, das respetivas faces da caixa de elevadores de modo a implementar as restantes barras metálicas; Figura 4.20.

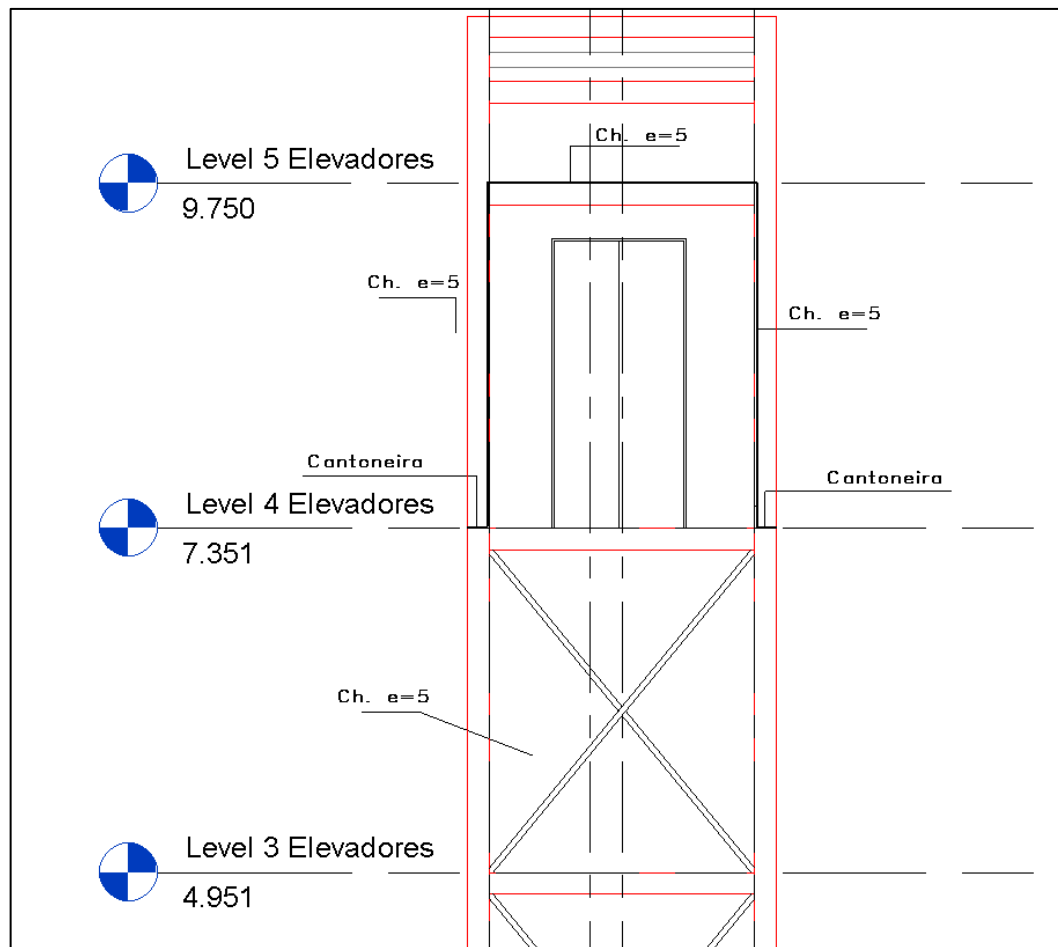


Fig.4.20 – Alçado exemplo da caixa de Elevadores

Todas as barras e pilares presentes fazem parte das famílias nativas do *Revit*®. A maior dificuldade neste caso particular, foi escolher uma família de objetos para os painéis. Inicialmente, criaram-se duas famílias genéricas separadas. Uma primeira família para os painéis de aço, que consistia essencialmente num prisma quadrangular parametrizado à qual se atribuiu um material, e uma outra família idêntica para os painéis de vidro. Os painéis de vidro não podiam ser da família das janelas, pois como se percebe, estes estão fixados através de elementos metálicos. Para se tratar de uma janela teria que existir uma parede, o qual não se verifica.

Posteriormente, esta abordagem foi abandonada devido ao facto de os objetos genéricos apresentarem poucas características e informações comparativamente a outras famílias já existentes. Foi utilizada por esse motivo, a família de paredes nativa do *Revit*®. Exemplifica-se na Fig.4.21 uma das chapas metálicas. Apesar de se tratar de uma “parede”, esta só tem uma camada com 5mm de espessura. A grande vantagem associada a trabalhar com esta família é o facto poder-se retirar, com maior segurança, dados relevantes para o mapa de quantidades e trabalhos. Os painéis de vidro são idênticos aos anteriores, com a exceção de estes serem compostos por um material diferente. Isto significa que a família “parede” serve para paredes de tijolo, chapas de aço e painéis de vidro verticais, entre outros. Uma janela é diferente de um painel de vidro no *software* na medida em que a janela é composta por elementos variados (caixilharia, vidro, estores, portadas) que em conjunto compõem uma outra família



que não pode ser dissociada de uma família de paredes. O *Revit*© não permite a existência de janelas sem que haja paredes.

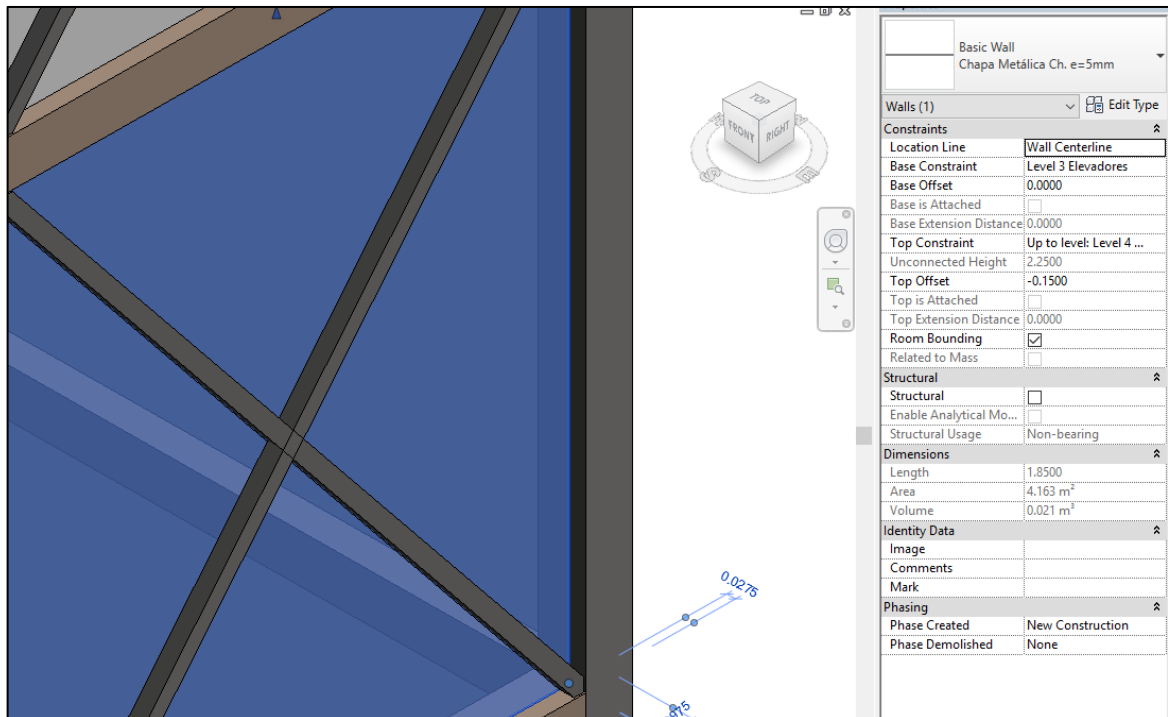


Fig.4.21 – Exemplo de painel metálico caixa de elevadores

Outros aspetos da modelação, nomeadamente os da informação, serão abordados posteriormente no capítulo 6, analisando com maior detalhe os parâmetros associados a objetos nativos do *Revit*© e a objetos modelados por uma marca concreta de luminárias. Também nesse capítulo, será analisada com maior detalhe a questão dos guarda corpos.



# 5

## ANÁLISE DO PROJETO

### 5.1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo, serão abordados vários exemplos de erros, omissões e incompatibilidades existentes na concretização do mesmo em *Revit*®. Estes exemplos serão na sua totalidade, constituídos pelas peças desenhadas e pelos mapas de quantidades e trabalhos. As partes do projeto abordadas neste capítulo, pertencem essencialmente à estrutura metálica tendo em conta que esta é a mais relevante na representação *Revit*®, neste caso em concreto.

De notar que todas as observações aqui feitas representam apenas pequenas notas e “gralhas”, identificadas principalmente nas peças desenhadas à escala em formato *.dwg*. Importa reter que estes exemplos, são praticamente negligenciáveis a olho nu na maioria dos casos. No entanto, quando trabalhamos em *Revit*®, está-se diretamente dependente de que todas as dimensões em todas as peças sejam representadas com um elevado grau de precisão.

Outro aspeto importante a considerar neste capítulo é que apenas foi utilizado o projeto principal como base para esta análise. Por isso, quaisquer elementos ou peças para os quais fossem necessários outros projetos de especialidade, não estão contemplados.

Deste modo, conseguir-se-á entender algumas das vantagens imediatas em usar *softwares BIM*, como se perceberá neste capítulo.

### 5.2. ERROS

#### 5.2.1. INTRODUÇÃO

Ao nível de erros, foram identificados exemplos onde há uma contradição direta entre dimensões gráficas e informações escritas. Estes podem simplesmente estar representadas nas peças desenhadas ou nos mapas de quantidades e trabalhos e resultam da não integração da informação. A existência de múltiplos documentos referentes à mesma empreitada propicia este tipo de situações.

#### 5.2.2. CACHORROS METÁLICOS

Exemplifica-se na Figura 5.1 o tipo de erros mais simples que se irá abordar. Mais uma vez, é importante compreender que, enquanto este tipo de situações é praticamente negligenciável a olho nu, constitui um erro ou uma situação no *Revit*®.

Como se pode observar, existe uma disparidade entre a dimensão no ficheiro de *AutoCAD*® (4mm) e a dimensão descrita no projeto original (6mm). Isto foi um problema, neste caso em concreto, porque os

cachorros metálicos tiveram que ser criados no editor de famílias do *Revit*®. Para este exemplo, foi tomada a decisão de privilegiar a dimensão correspondente a 6mm devido a esta ser a única contradição.

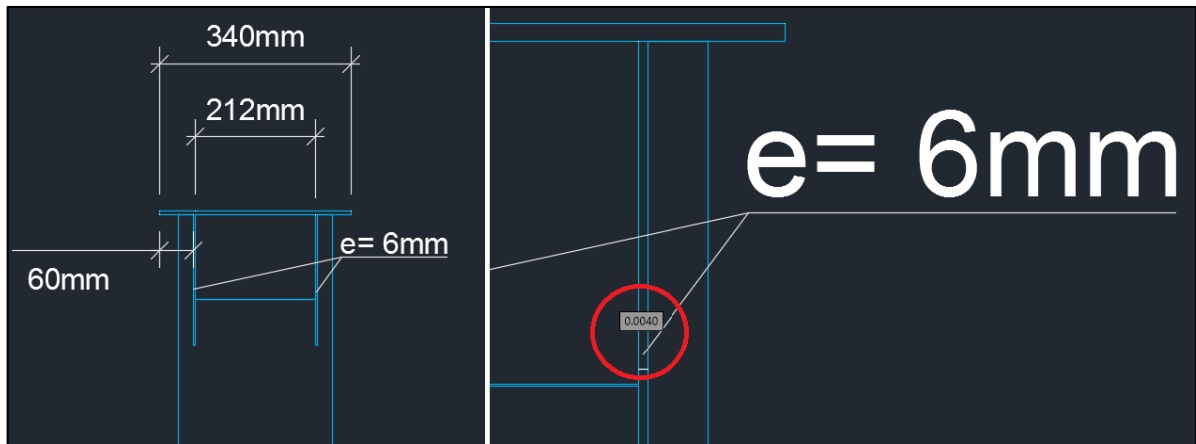


Fig.5.1 – Exemplo da incoerência de dimensões num cachorro metálico

Continuando com o mesmo objeto, foi ainda encontrado outro erro particularmente interessante. Exemplifica-se nas Figura 5.2 o conjunto de elementos metálicos que constituem a montagem do cachorro entre o pilar e as escadas.

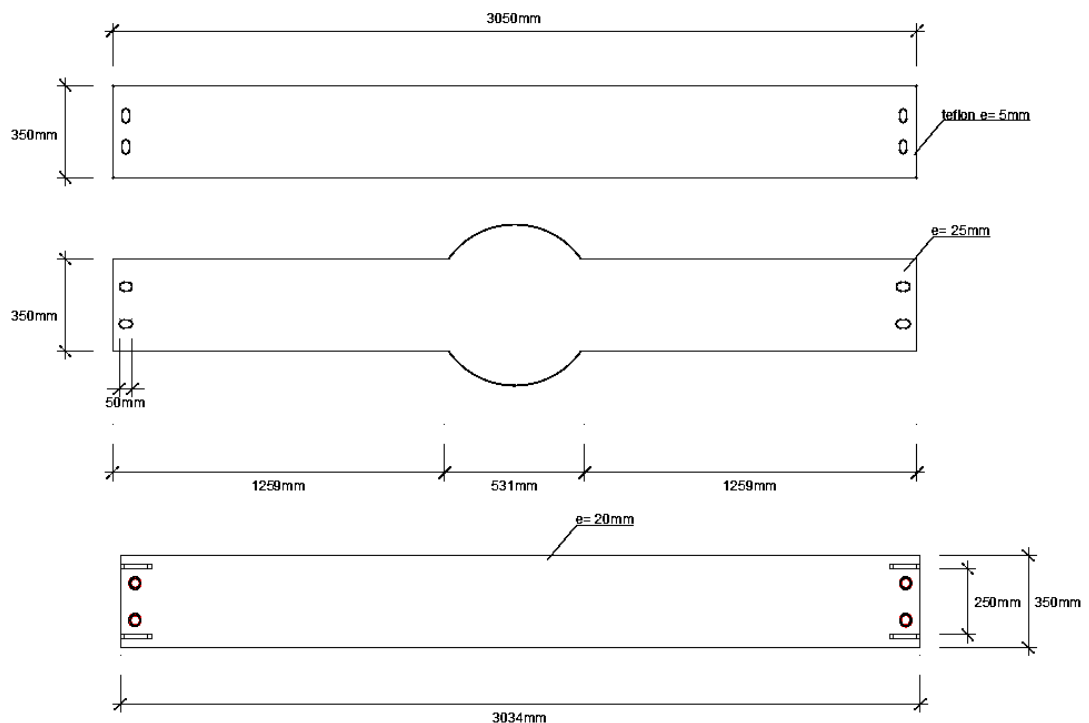


Fig.5.2 – Elementos em chapa da ligação entre pilares e escadas

O conjunto de chapas metálicas permite a fixação entre as escadas e os cachorros que, segundo o projeto, estão aparafusados às escadas. Estes elementos, no entanto, não se alinham corretamente. A consequência imediata é o facto de os parafusos não entrarem no orifício, que deveria ter sido formado pelos 3 elementos apresentados na Figura 5.2. Exemplifica-se na Figura 5.3 esta situação.

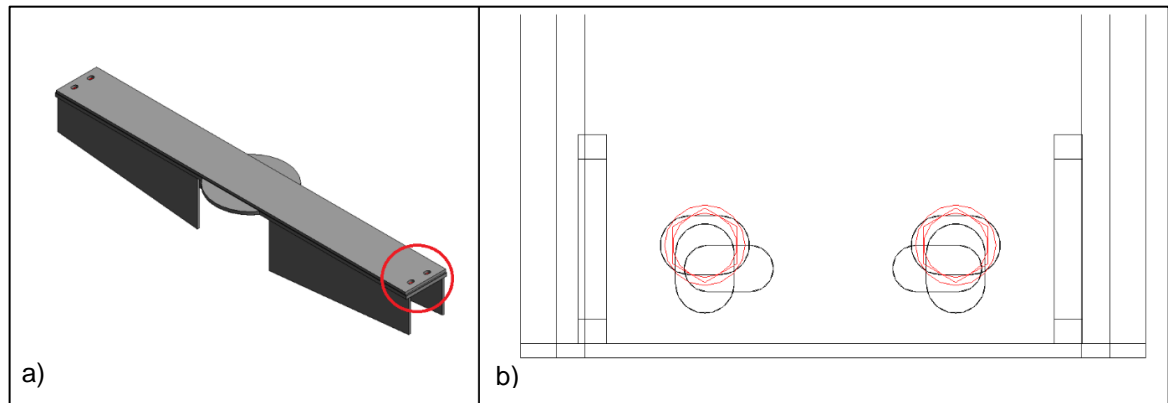


Fig.5.3 – a) Vista geral do cachorro; b) Pormenor da sobreposição das chapas

Nesta situação, a abordagem tomada para corrigir o problema passou essencialmente por tentar corrigir os orifícios de duas das chapas metálicas, adaptando-as à terceira. Havia também uma diferença de comprimento de uma chapa em relação às outras duas, mas como se tratava de uma diferença relativamente pequena não foi considerada. As superfícies ovais representam os orifícios das diferentes chapas e as linhas a vermelho a dimensão do parafuso. Exemplifica-se na Figura 5.4 a solução proposta.

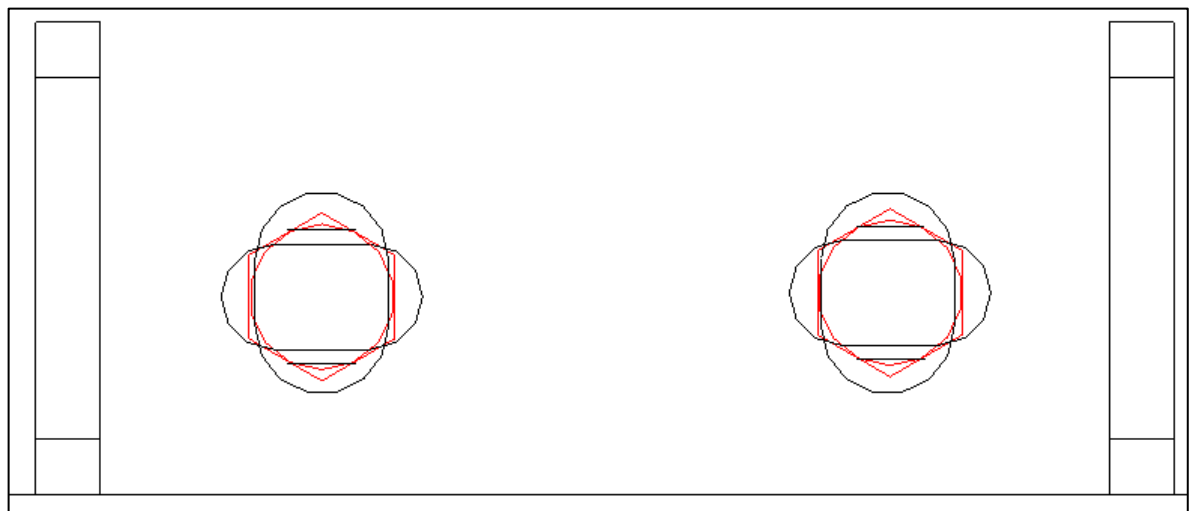


Fig.5.4 – Solução proposta para os elementos de ligação do cachorro

Como se pode observar, após a feita uma correção, o parafuso alinha corretamente com os orifícios ovais. Posteriormente ir-se-á abordar a questão das omissões existentes neste exemplo. Como se perceberá, estas causaram algumas ambiguidades na escolha da solução anteriormente proposta.

### 5.2.3. CAIXAS DE ELEVADOR

As torres de elevador constituem um dos elementos metálicos mais complexos de todo o projeto. A sua modelação em *Revit*® foi auxiliada não só pelas peças desenhadas, mas também pelo mapa de quantidades e trabalhos. A problemática, que se colocou durante esta fase da modelação, está diretamente relacionada com não-conformidades entre os desenhos gerais, desenhos de pormenor, e mapas de quantidades e trabalhos. Exemplifica-se na Figura 5.5 um perfil TNP 100, num desenho de pormenor, que não existe no mapa de quantidades e trabalhos. O único perfil que se pode encontrar naquela peça escrita é o TNP 90.

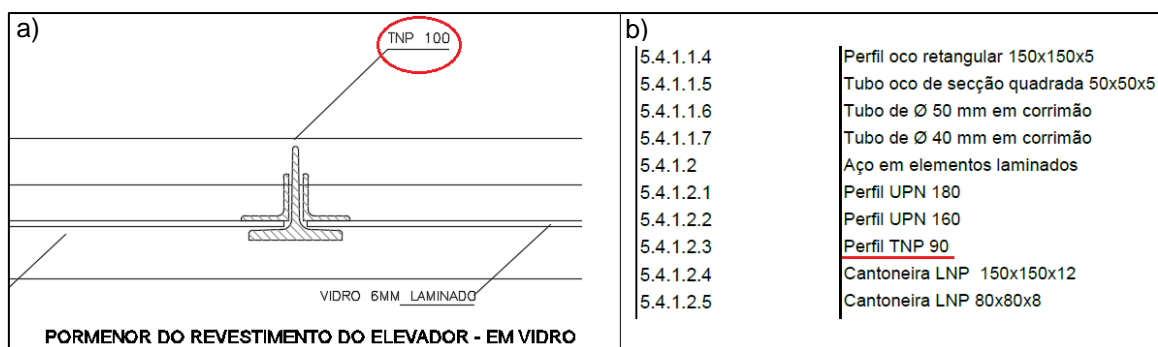


Fig.5.5 – Comparação entre: a) desenho de pormenor e b) mapa de quantidades e trabalhos

Para solucionar este problema, foi privilegiado o mapa de quantidades e trabalhos. A assunção feita, foi de que alguns dos desenhos de pormenor foram replicados e utilizados, de modo agilizar o processo de desenho. Outra possível prova de que os perfis TNP 90 são de facto os verdadeiros está relacionada com o facto de que, quando substituídos por perfis TNP 100 no *Revit*® de acordo com os desenhos de pormenor, estes se intersectam como é exemplificado pela Figura 4.6.

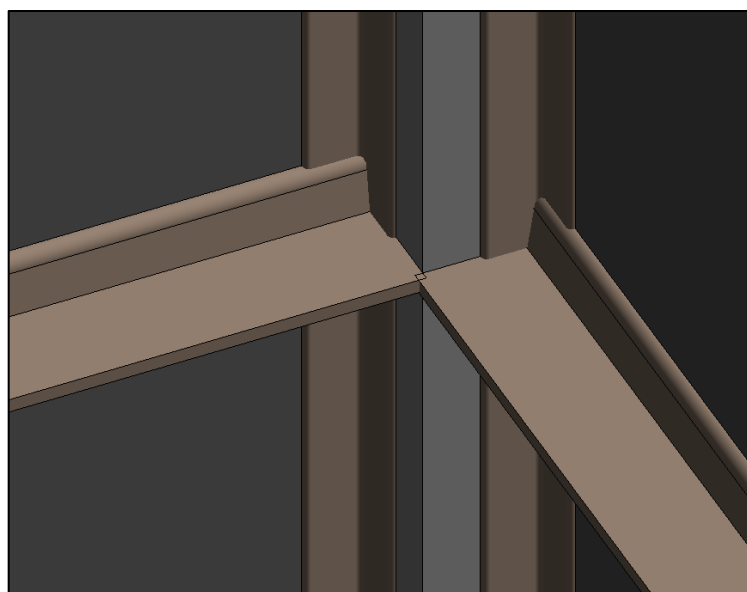


Fig.5.6 – Exemplo da intersecção de dois perfis TNP 100 no *Revit*®

#### 5.2.4. ERROS DE DESENHO

Os erros de desenho, por mínimos que sejam, foram os que criaram maior dificuldade na criação do modelo em *Revit*®. O levantamento de toda a estrutura estava dependente dos desenhos em formato *.dwg*, e da coerência entre os mesmos. O que aconteceu foi que alguns dos desenhos à escala apresentavam ligeiros desfasamentos entre eles, criando assim problemas de coesão associados ao modelo. Aquilo que se verificava era que existiam alguns alçados e plantas, com a mesma escala, que não se alinhavam corretamente.

Como se percebe pela Figura 5.7, o objetivo de juntar os dois desenhos num só era provar que, apesar da caixa de elevadores estar perfeitamente alinhada, o pilar tinha um desfasamento considerável para o *Revit*®. A questão que se colocava era saber qual dos desenhos tomar como certo. Em última análise, foi assumido que os desenhos em planta eram os mais corretos. O motivo para esta escolha deveu-se ao facto de ser quase impossível realizar o processo com precisão através dos alçados, enquanto que pelas plantas de implantação se poderia fazer a implementação de elementos chave, como os pilares. A partir daí, utilizaram-se os restantes desenhos como auxílio para a identificação e colocação dos mais diversos elementos.

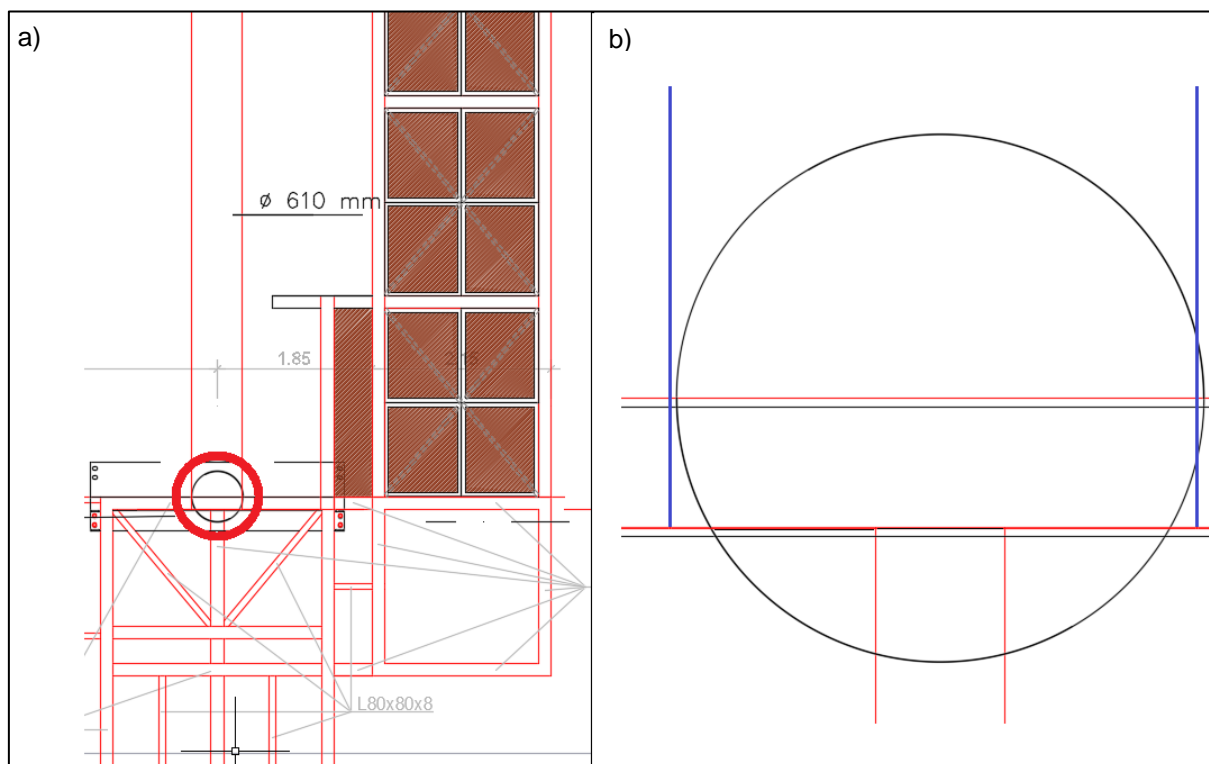


Fig.5.7 – a) Alçado e planta em *AutoCAD*®; b) Pormenor: alçado a azul e planta a vermelho e preto

#### 5.3. OMISSÕES

Relativamente às omissões, foram consideradas todas as peças desenhadas com informação desconhecida. Apesar deste problema estar menos presente no projeto e ser menos gravoso para a modelação, obrigou também à tomada de algumas decisões que neste caso têm uma importância de menor grau. Os casos apresentados neste subcapítulo dizem respeito à não-especificação de algumas

dimensões em algumas peças desenhadas, mesmo as dimensões que possam ser tomadas como implícitas foram abordadas.

### 5.3.1. CHAPAS METÁLICAS

Algumas das chapas metálicas, nomeadamente as que fazem a ligação dos pilares com as escadas, apresentavam uma omissão em comum relativamente aos orifícios para os parafusos. Este problema revelou-se bastante importante devido ao facto de os orifícios das diferentes chapas não coincidirem. Exemplifica-se na Figura 5.8 uma das chapas em questão que mostra claramente que não existem informações concretas relativamente à posição dos orifícios entre si, assim como a distância às extremidades laterais das chapas.

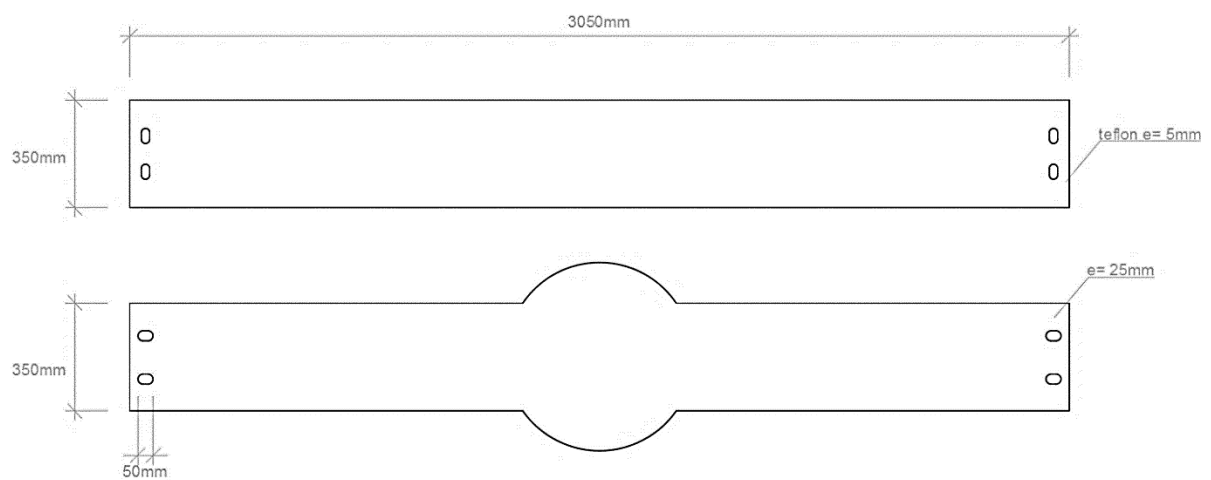


Fig.5.8 – Exemplos de chapas metálicas com dimensões omissas

Outra omissão presente nas peças desenhadas está relacionada com o posicionamento de alguns dos perfis metálicos. Nas plantas representativas da estrutura metálica, não foram cotadas algumas das distâncias que seriam necessárias para o posicionamento correto das mesmas. Apesar de se ter a planta das vigas metálicas correspondentes ao tabuleiro da passagem superior, ficam a faltar algumas informações relativas ao nível altimétrico das mesmas. Exemplifica-se na Figura 5.9 alguns perfis em “L” sobre os quais se desconhece o seu posicionamento. Enquanto que os perfis retangulares não necessitam, à partida, de informações relativas ao ângulo que exercem sobre o eixo altimétrico, os perfis em “L” sim. Este problema, em conjunto com a falta de um alçado altimétrico da estrutura metálica, revelou-se como uma omissão relativamente importante. A solução para solucionar este problema passou por uma análise da estrutura real.



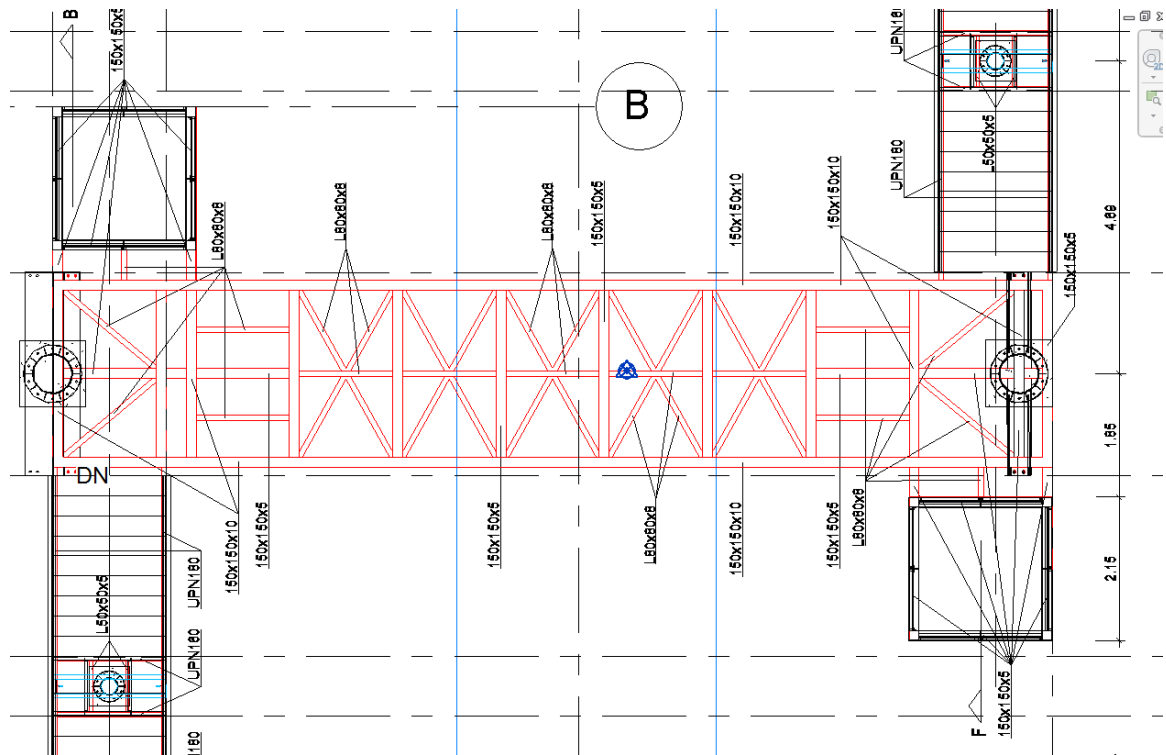


Fig.5.9 – Planta estrutural metálica do passadiço



## 6

## CONFRONTAÇÃO DA INFORMAÇÃO ENTRE ELEMENTOS DE PROJETO, *REVIT*® E *PRONIC*®

### 6.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo será feita uma análise comparativa das diferentes documentações associadas ao projeto. Estas informações provirão da documentação associada à obra em questão, que foi fornecida pela empresa responsável pela empreitada (CONDURIL - ENGENHARIA, S. A) [19]], assim como coleções de informação provenientes do modelo criado *Revit*® e do *ProNIC*®.

Esta confrontação de informação representa o segundo objetivo desta dissertação, sendo que o primeiro objetivo foi comparar as diferenças entre fazer projeto utilizando metodologias *BIM* e utilizando metodologias tradicionais. Ao fazer a confrontação da informação entre o mapa de quantidades e trabalhos, especificações, *ProNIC*® e o modelo em *Revit*® será possível compreender onde é que podem ser feitas melhorias ao nível comunicativo e entender até que ponto as informações reiteradas nos objetos nativos de *softwares* como o *Revit*®, estão preparados para corresponder às exigências de especificação em Portugal. Também se perceberá que tipo de objetos nativos existem à disposição do modelador e se estes são ou não viáveis. Em contrapartida, será analisado um objeto fornecido por um fabricante de luminárias existentes na obra para entender o que se ganha com objetos customizados.

Importa notar que neste capítulo será feita apenas a confrontação de informação associada à informação dos elementos de construção. Qualquer tipo de confrontação de geometrias já foi detalhado com maior pormenor no Capítulo 5.

### 6.2. *REVIT*®

#### 6.2.1. INTRODUÇÃO AO NÍVEL DE INFORMAÇÃO DE OBJETOS

De modo a compreender em que parâmetros se devem comparar os objetos executados no *Revit*® com os restantes elementos do projeto é importante compreender o nível de informação que se consegue detalhar ao caracterizá-lo. Exemplifica-se na Figura 6.1 um objeto genérico (*metric generic model.rfa*) do *Revit*® correspondente a uma massa cúbica. Neste caso, é irrelevante a geometria da figura. Assumiu-se um cubo por se tratar de uma forma simples e, mais uma vez, por não interessarem as dimensões do objeto. Para a criação do objeto, foi utilizado o modelador de objetos nativo do *Revit*® utilizando a ferramenta de extrusões.

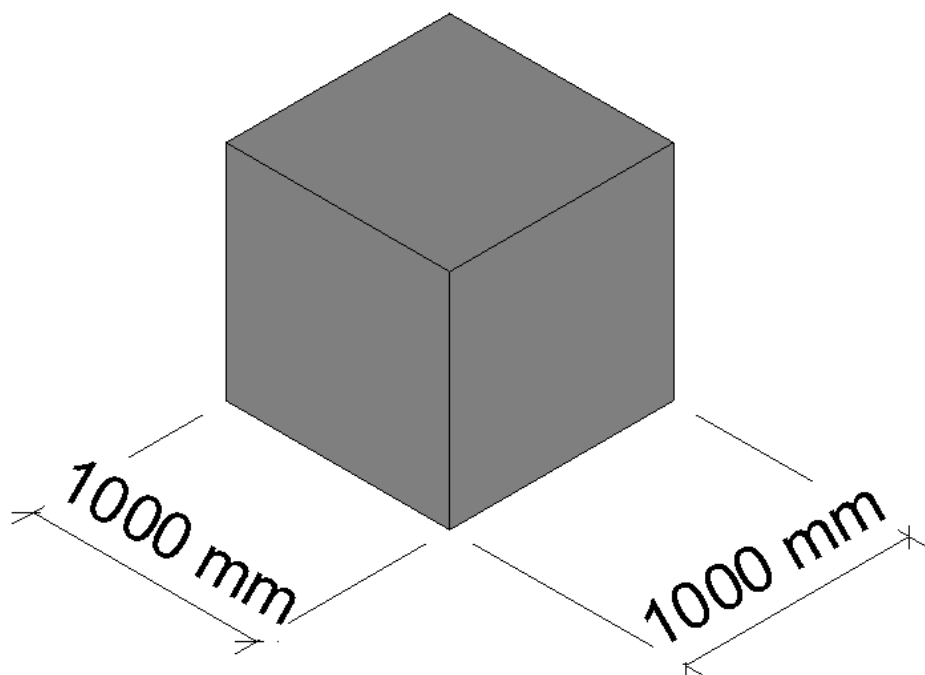


Fig.6.1 – Objeto genérico (*metric generic model.rfa*)

Nesta fase ainda não foi escolhido o tipo de família ao qual o objeto irá corresponder. Para já, o cubo ainda é um objeto genérico e embora este possa ser inserido num projeto no *Revit*®, apenas apresentará informações muito limitadas. Felizmente o *Revit*® está equipado como uma extensa biblioteca de famílias de objetos distintas, que podem ser associadas a qualquer objeto genérico; Figura 6.2.

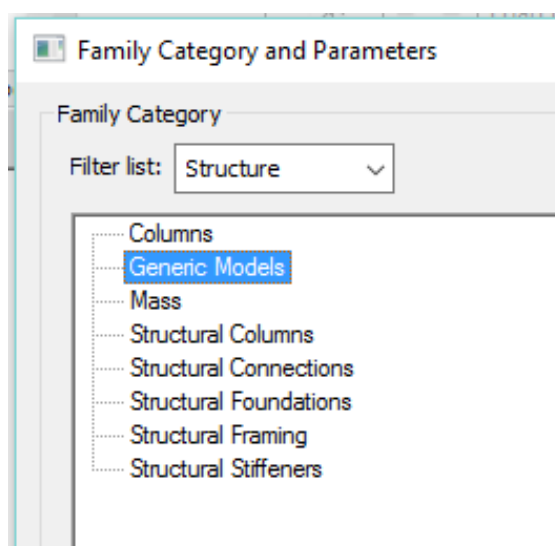


Fig.6.2 – Categorias de famílias estruturais nativas do *Revit*®

Isto significa que o cubo pode ser identificado pelo programa como sendo qualquer uma das categorias de famílias representadas na imagem: colunas estruturais, fundações estruturais, barras estruturais etc. Importa relembrar que só estão representadas na figura as famílias de estruturas, o que significa que existem mais além destas. De notar que se pode simplesmente assumir que o objeto é um *Generic Model*. Nesse caso, ter-se-á um objeto com o nível de informação mais abrangente que o *Revit*® fornece e que, teoricamente, todos os objetos contêm. **Estes são os dados de identidade**. Exemplifica-se na Figura 6.3 as informações que o cubo tem disponíveis quando se trata de um *Generic Model*.

Parâmetro	Valor
<b>Dados de identidade</b>	
Tipo de imagem	
Nota-chave	
Modelo	
Fabricante	
Comentários de tipos	
URL	
Descrição	
Código de montagem	
Custo	
Descrição de montagem	
Marca de tipo	
Número OmniClass	
Título OmniClass	
Nome do código	

Fig.6.3 – Propriedades tipo de um *Generic Model* no *Revit*®

Como se pode observar através da Figura 6.3 depressa se compreenderá que este tipo de informação corresponde a características muito gerais que se denominam por “**Dados de identidade**” e que podem corresponder praticamente a qualquer tipo de objeto. Dos parâmetros editáveis, podem-se editar os correspondes à marca, fabricante, custo etc. É importante compreender que é de facto possível criar um objeto com parâmetros customizados, mas o propósito desta dissertação é identificar o que se consegue utilizar de raiz com os objetos fornecidos pela *Autodesk*®.

## 6.2.2. ESTRUTURA METÁLICA

### 6.2.2.1. Introdução

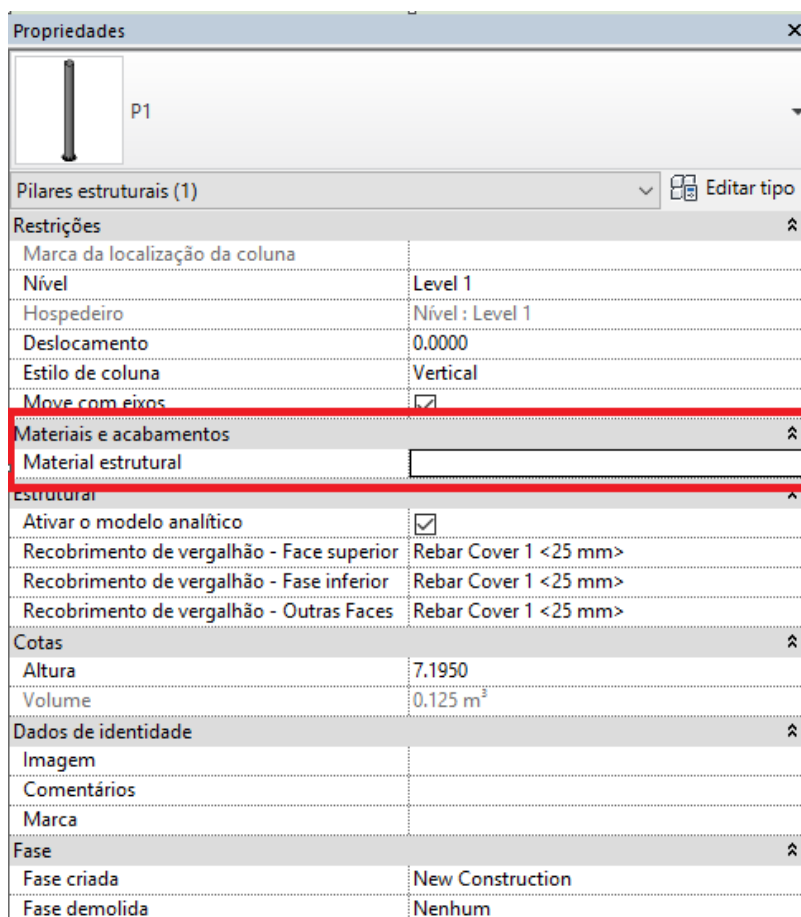
Relativamente à estrutura metálica serão analisados individualmente os tipos de famílias de objetos que estão representados no mapa de quantidades e trabalhos. Isto significa que todas as vigas terão os mesmos parâmetros independentemente do perfil que estas representem. No entanto, é importante fazer uma análise separada para as famílias de objetos distintas visto que o *Revit*® reconhece as vigas pertencentes a uma escada como sendo de uma família diferente das vigas correntes. A mesma distinção

é feita entre pilares e vigas. O *Revit*® trata-os como sendo famílias distintas. Os exemplos serão comparados com o mapa de quantidades e trabalhos, condições técnicas e ProNIC®.

#### 6.2.2.2. Materiais

Entendeu-se que a análise às informações proeminentes dos materiais deve ser feita com especial atenção. Não faria sentido analisar os materiais de cada elemento (vigas, pilares, escadas) tendo em conta que virtualmente todos os objetos físicos do *Revit*® são passíveis de serem editados ao nível dos materiais que os compõem. A exceção a este caso são os objetos genéricos, ou *Generic Models* quem não revelam interesse para este caso.

Ao se selecionar qualquer objeto do modelo, imediatamente surgirá na barra das propriedades uma subpropriedade correspondente ao material de que este é composto. Esta subpropriedade é passível de ser editada. Exemplifica-se na Figura 6.4 um exemplo do pilar P1 pertencente à classe de famílias dos pilares.



Propriedades	
P1	
Pilares estruturais (1) <span>Edit tipo</span>	
<b>Restrições</b>	
Marca da localização da coluna	
Nível	Level 1
Hospedeiro	Nível : Level 1
Deslocamento	0.0000
Estilo de coluna	Vertical
Mover com eixos	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Materiais e acabamentos</b>	
Material estrutural	
<b>Estrutural</b>	
Ativar o modelo analítico	<input checked="" type="checkbox"/>
Recobrimento de vergalhão - Face superior	Rebar Cover 1 <25 mm>
Recobrimento de vergalhão - Fase inferior	Rebar Cover 1 <25 mm>
Recobrimento de vergalhão - Outras Faces	Rebar Cover 1 <25 mm>
<b>Cotas</b>	
Altura	7.1950
Volume	0.125 m³
<b>Dados de identidade</b>	
Imagem	
Comentários	
Marca	
<b>Fase</b>	
Fase criada	New Construction
Fase demolida	Nenhum

Fig.6.4 – Propriedades de um pilar estrutural P1

Após selecionado, aparecerão várias listas com diversos materiais. Estas listas de materiais são disponibilizadas pelo *Autodesk*® e são passíveis de ser editadas a qualquer momento nos seus diversos parâmetros. Exemplifica-se na Figura 6.5 um exemplo do aço S275 que existe no *Revit*® e que está presente no projeto da passagem superior de peões.

The image shows the 'Physical' tab of the material properties dialog for S275 steel in Revit. The dialog has four tabs: 'Identidade', 'Gráficos', 'Aparência', and 'Físico'. The 'Físico' tab is selected, showing the following properties:

- Informações:**
  - Nome: S275
  - Descrição:
  - Palavras-chave:
  - Tipo: Metal
  - Subclasse:
  - Fonte:
  - URL de origem:
- Térmico básico:**
  - Coefficiente de expansão térmica: 0,00001 inv °C
- Mecânico:**
  - Comportamento: Isotrópico
  - Módulo de Young: 210 000,0 MPa
  - Coefficiente de Poisson: 0,30
  - Módulo de cisalhamento: 81 000,0 MPa
  - Densidade: 7 851,84 kg/m³
- Resistência:**
  - Limite de escoamento: 275,0 MPa
  - Resistência à tração: 430,0 MPa
  - ☐ Com tratamento térmico

At the bottom, there are buttons for 'Ok', 'Cancelar', and 'Aplicar'.

Fig.6.5 – Propriedades físicas do Aço S275 no Revit©

Além dos dados físicos representados na Figura 6.5, que mostram claramente informações das propriedades do material, existem também outros parâmetros que podem ser editados como é o caso da aparência e gráficos, que alteram a representação no modelo (exemplo: cor do material no Revit©). Na barra da identidade podem ser alterados dados como os fabricantes e custos do material.

Comparando a informação presente no Revit© com a que está presente nos elementos de projeto, como é o caso do mapa de quantidades e trabalhos e as condições técnicas, percebe-se que a única informação que aparentemente está em falta é o grau de decapagem. No entanto, este tipo de informações pode ser adicionado no campo dos comentários ou descrições adicionais, visto tratar-se de um acabamento.

#### 6.2.2.3. Vigas

Foi utilizado o perfil TNP 90 inserido na caixa de elevadores para exemplificar a família das vigas. A informação relativa aos dados de identidade é bastante semelhante à das famílias genéricas, no entanto é necessário analisar com mais cuidado alguns dos parâmetros que as vigas nativas contêm. Exemplifica-se na Figura 6.6 o perfil em causa.

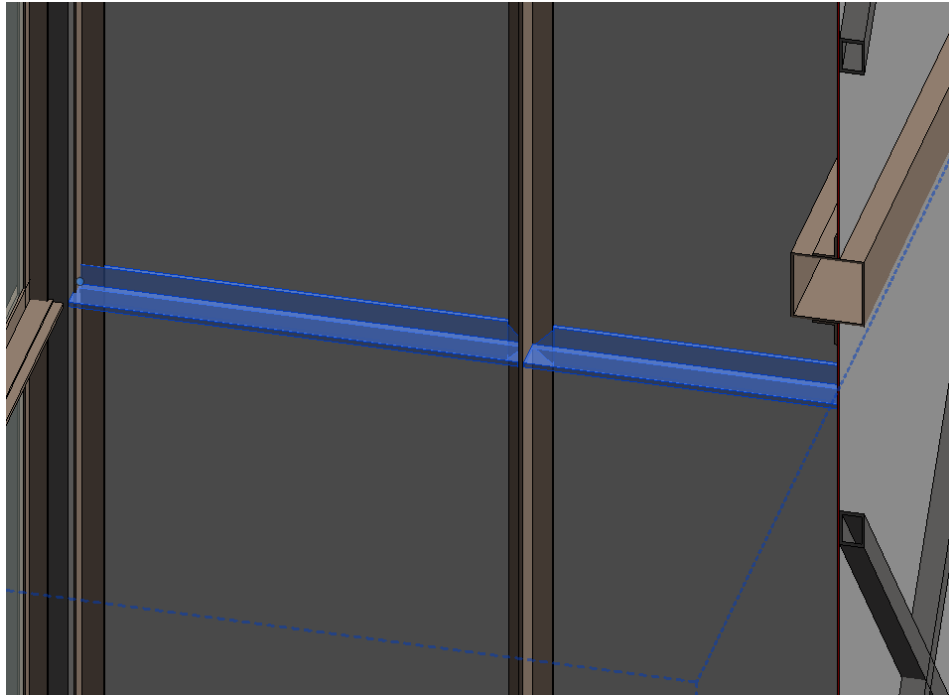


Fig.6.6 – Viga TNP 90 disposta na caixa de elevadores

Os dados de identidade disponíveis na viga são praticamente iguais às que se encontram no objeto genérico. A diferença encontra-se num parâmetro denominado “código de montagem”, que pode ser editado. Este parâmetro segue a classificação Norte Americana *Uniformat* e permite identificar a que tipo de trabalho está associada a viga. Ao editar este parâmetro, também se estará a modificar a “Descrição de montagem”; Figura 6.7.

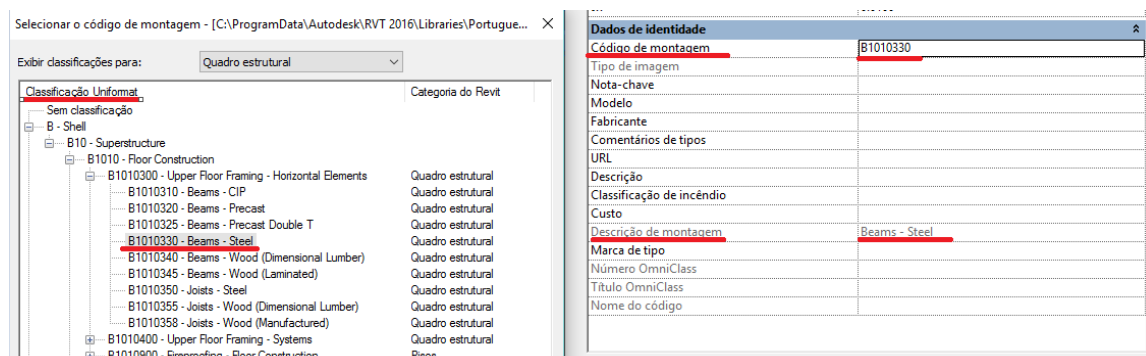


Fig.6.7 – Exemplo representativo da edição do parâmetro “Código de montagem”

Resta agora analisar que novos parâmetros se conseguem ir buscar ao *Revit*®. É importante notar que se está a analisar um objeto individual, o que significa que é de facto possível obter informações coletivas no *Revit*® como por exemplo: comprimentos de todas as vigas, peso total da estrutura etc. Isto significa que a informação que está a ser recolhida, para exemplificar um objeto, não contempla esse tipo de informação coletiva, mas sim informação intrínseca individual.



Ao nível de parâmetros de tipo, é ainda possível obter mais dois tipos de informação: “Estrutural” e “Cotas”. Exemplifica-se na Figura 6.8 os dois parâmetros tipo que a família possui. O primeiro descreve algumas características como a área da secção transversal ou a forma do corte enquanto que o segundo, descreve as dimensões que permitem descrever o perfil.

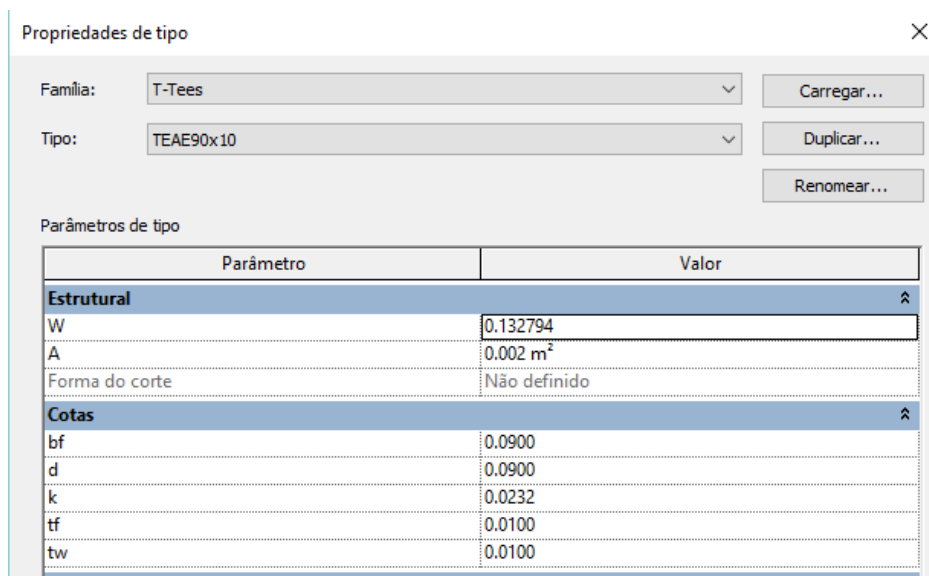


Fig.6.8 – Parâmetros de tipo das vigas

Importa relembrar que o perfil TNP 90 não estava disponível nas opções nativas do *Revit*®. No entanto, não foi necessário recorrer à criação de uma nova família. O que se fez para este caso foi partir de uma família de “*T-Tees*” base, que são essencialmente equivalentes aos perfis TNP, e criar um novo *T-tee* com dimensões aproximadas às pretendidas. Algumas das famílias nativas do *Revit*® já vêm parametrizadas de modo a serem editáveis a partir de um ficheiro *.txt*; Figura 6.9.

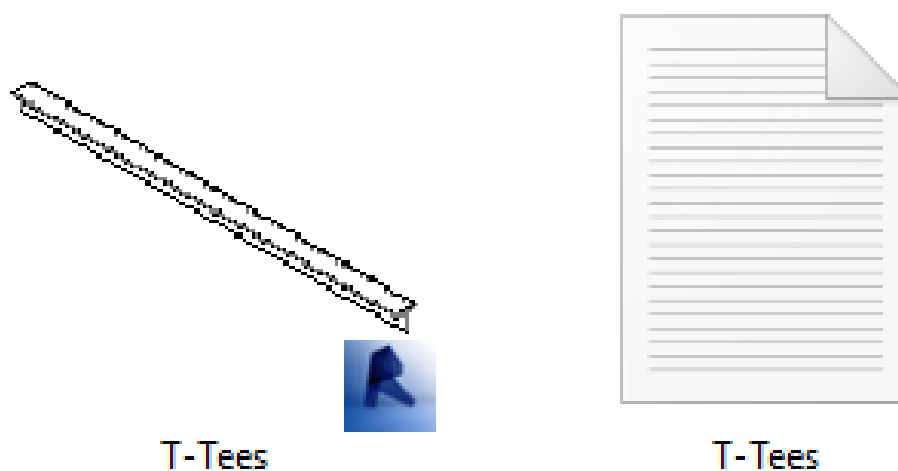


Fig.6.9 – Elementos pertencentes à família de *T-Tees*

É possível editar o ficheiro *.txt* e criar uma família sem que haja uma necessidade de abrir o *Revit*®. Isto tem vantagens imediatas para quem não tenha experiência com o *software* e necessite de inserir um perfil concreto que ainda não esteja definido. Exemplifica-se na Figura 6.10 o que se pode ver no ficheiro *.txt* associado ao à família de *T-Tees* e com o novo perfil TNP 90 (TEAE90x10) que foi inserido.

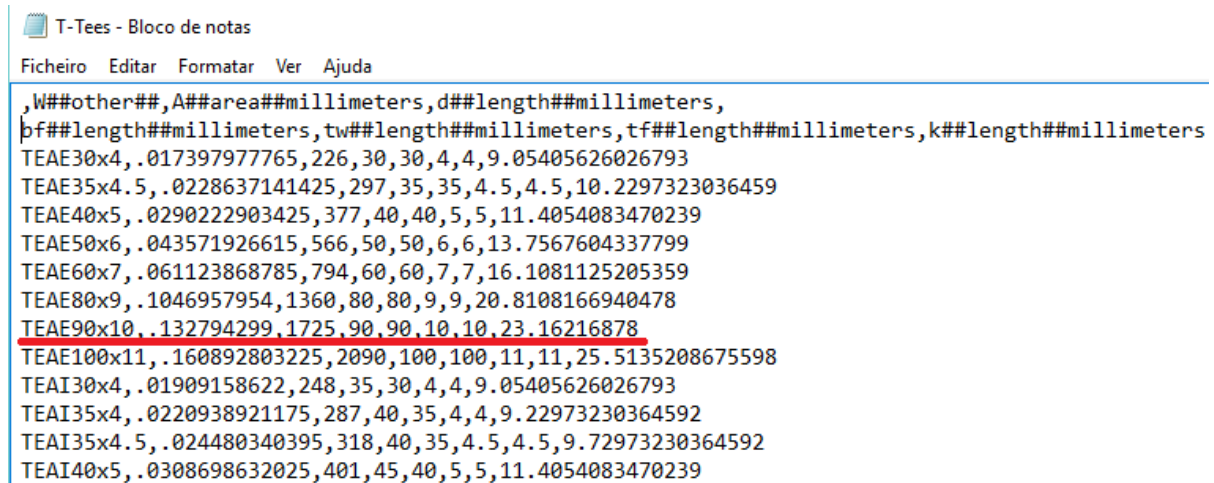


Fig.6.10 – Ficheiro *.txt* pertencente à família de *T-Tees*

Tal como é possível verificar, a Figura 6.10 exemplifica as informações decorrentes dos vários perfis *T-Tees* disponíveis. O primeiro campo corresponde ao nome do perfil, enquanto que os seguintes são representativos das diferentes dimensões do perfil em causa. Os valores das dimensões (*d*; *b*; *tw* etc.) variam de perfil para perfil. É importante perceber que se estivesse a trabalhar com um perfil tubular a lógica seria a mesma, mas em vez de se terem parâmetros de comprimento e largura, ter-se-iam parâmetros de espessura e diâmetro por exemplo. Neste caso, tendo em conta a dificuldade em encontrar um perfil exatamente idêntico ao TNP 90, optou-se por criar um TEAE90x10 por via de iterações entre os perfis TEAE100x11 e o TEAE80x9. Virtualmente é possível criar qualquer perfil e este método tem a enorme vantagem de refletir no modelo as dimensões descritas no ficheiro. Ou seja, o perfil TEAE90x10 terá 90mm de altura (*d*) e 90mm de largura (*bf*). Todos estes dados estão disponíveis nos parâmetros de tipo “**Estrutural**” e “**Cotas**” como se exemplificou anteriormente na Figura 6.8.

Todas as propriedades que foram analisadas até ao momento denominam-se por “**Propriedades de tipo**” ou “**Parâmetros de tipo**”. Isto significa que qualquer viga TNP 90 que seja editada **no modelo** obedecerá a qualquer edição destas propriedades. No entanto, foram ainda encontrados outros exemplos de propriedades de tipo particularmente interessantes. Apesar de todas as famílias no projeto terem sido disponibilizadas pela *Autodesk*®, há sem margem para dúvidas algumas famílias mais ricas que outras. Foi encontrado um exemplo de um perfil, que não consta no projeto original, que tem um parâmetro de tipo de análise estrutural. Enquanto que este é um exemplo de uma família que não terá interesse para o arquiteto, será de especial relevância para os projetistas de estabilidade/estruturas; Figura 6.11.

Análise estrutural	
Área de corte	49.40 cm <sup>2</sup>
Perímetro	1.250 m <sup>2</sup> /m
Peso nominal	38.70 kgf/m
Eixo forte do momento de inércia	8490.00 cm <sup>4</sup>
Eixo fraco do momento de inércia	720.00 cm <sup>4</sup>
Eixo forte do módulo de elasticidade	547.00 cm <sup>3</sup>
Eixo fraco do módulo de elasticidade	87.50 cm <sup>3</sup>
Eixo forte do módulo plástico	610.00 cm <sup>3</sup>
Eixo fraco do módulo plástico	134.00 cm <sup>3</sup>
Momento de inércia de torção	12.50 cm <sup>4</sup>
Módulo de torção	
Constante da empena	163000.000 cm <sup>6</sup>
Eixo forte da área de cisalhamento	
Eixo fraco da área de cisalhamento	
ângulo dos eixos principais	

Fig.6.11 –Parâmetro de tipo “Análise estrutural”

Analisar-se-ão agora as propriedades gerais da viga. Quando selecionada qualquer uma das vigas, aparecerá o menu das propriedades. Este apresenta características mais direcionadas para o modelo e não para o objeto, ainda que algumas das características sejam da família em questão; Figura 6.12.

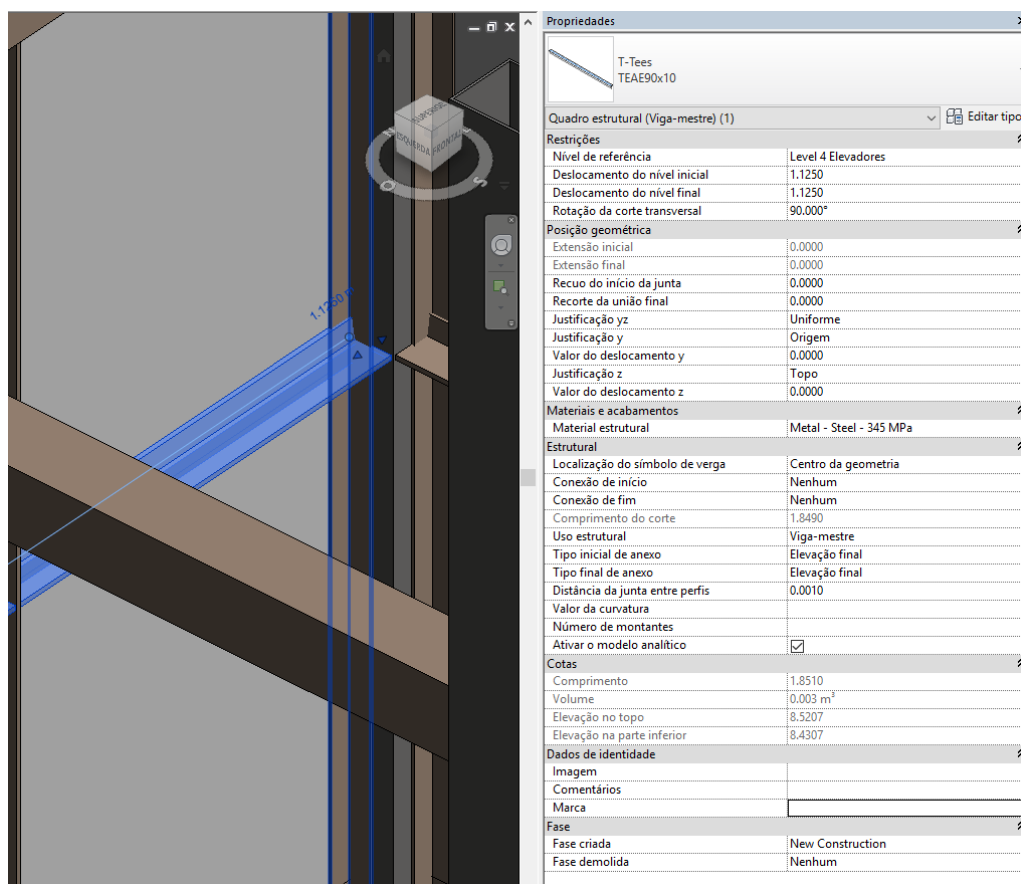


Fig.6.12 – Exemplo das propriedades de uma viga

Como se pode observar na Figura 6.12 existe uma subpropriedade para as restrições e outra para a posição geométrica da viga, que coordenam o posicionamento espacial da mesma. A viga pode ser associada a um nível do modelo e rodada de acordo com o posicionamento desta no projeto. Ao nível estrutural, existem também algumas informações que podem ter especial interesse, como o uso estrutural que pode conter informação sobre vigas-mestras etc. São também evidenciados dados relativos ao comprimento de corte e volume do objeto assim como dados de identidade. Por último e não menos importante, pode-se associar cada objeto a uma fase individual da construção. Isto significa que se houver interesse em modelar elementos que serão demolidos por exemplo, podem ser atribuídos a essa fase.

Da avaliação realizada resulta que os objetos das famílias das vigas apresentam um grau de conformidade bastante satisfatório com os elementos do projeto e do *Revit*®. Ao nível do projeto, pode dizer-se que as informações no *Revit*® transcendem em alguns pontos aquilo que está presente no mapa de quantidades e trabalhos e nas condições técnicas. No entanto, tal como já foi referido, não foi encontrado nenhum parâmetro correspondente aos graus de decapagem. Relativamente as especificações estabelecidas pelo *ProNIC*®, observa-se que falta a definição da classe de medição e do tipo de ligações.

#### 6.2.2.4. Pilares

Os pilares estruturais dispostos no modelo são praticamente idênticos às vigas no que diz respeito à informação. A única diferença é que o *Revit*® faz uma distinção entre pilares e vigas no que diz respeito ao tipo de famílias a que estes pertencem. O *Revit*® considera que todos os elementos modelados não horizontalmente são pilares. Tal como aquele que se representa na Figura 6.13, qualquer elemento pertencente a uma família de pilares tem que ser vertical ou diagonal relativamente ao plano horizontal. Apesar de serem criadas algumas dificuldades em modelar elementos que, ao não estar na horizontal, não são necessariamente pilares, cria uma distinção entre famílias que consta no *ProNIC*® quando é feita uma clara diferenciação entre execução de vigas e execução de pilares estruturais. Comparativamente com a informação do projeto, as informações disponíveis fazem uma correspondência idêntica à das vigas; Figura 6.13.

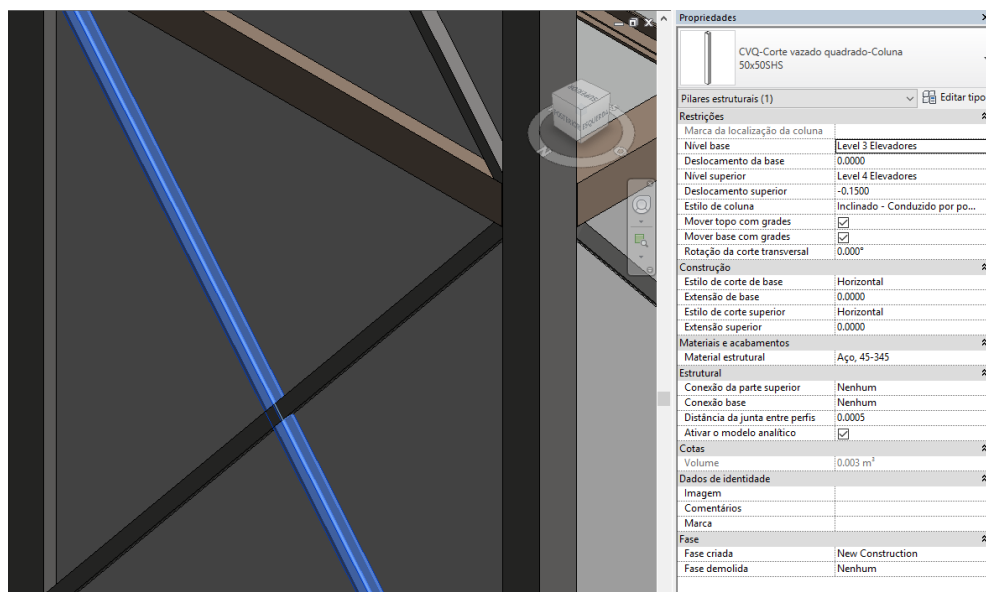


Fig.6.13 – Exemplo das propriedades de um pilar

#### 6.2.2.5. Escadas e guarda-corpos

As escadas representam uma das famílias que fogem à norma daquilo que é convencional num mapa de quantidades e trabalhos. Na verdade, as escadas são uma das famílias do *Revit*® mais completas e detalhadas. O grau de detalhe e informação com que se pode conceber uma escada faz com que o *Revit*® brilhe neste tipo de objetos. As escadas podem ser subdivididas em múltiplos objetos presentes na escada como é o caso das guardas ou os suportes. Os dois vãos de escadas presentes no projeto apresentam uma complexidade moderada. No entanto, foi possível aproximar as escadas modeladas às reais com um grau de detalhe bastante aproximado. Exemplifica-se na Figura 6.14 uma imagem do objeto das escadas (degraus e suportes laterais). O objeto das guardas será analisado posteriormente.

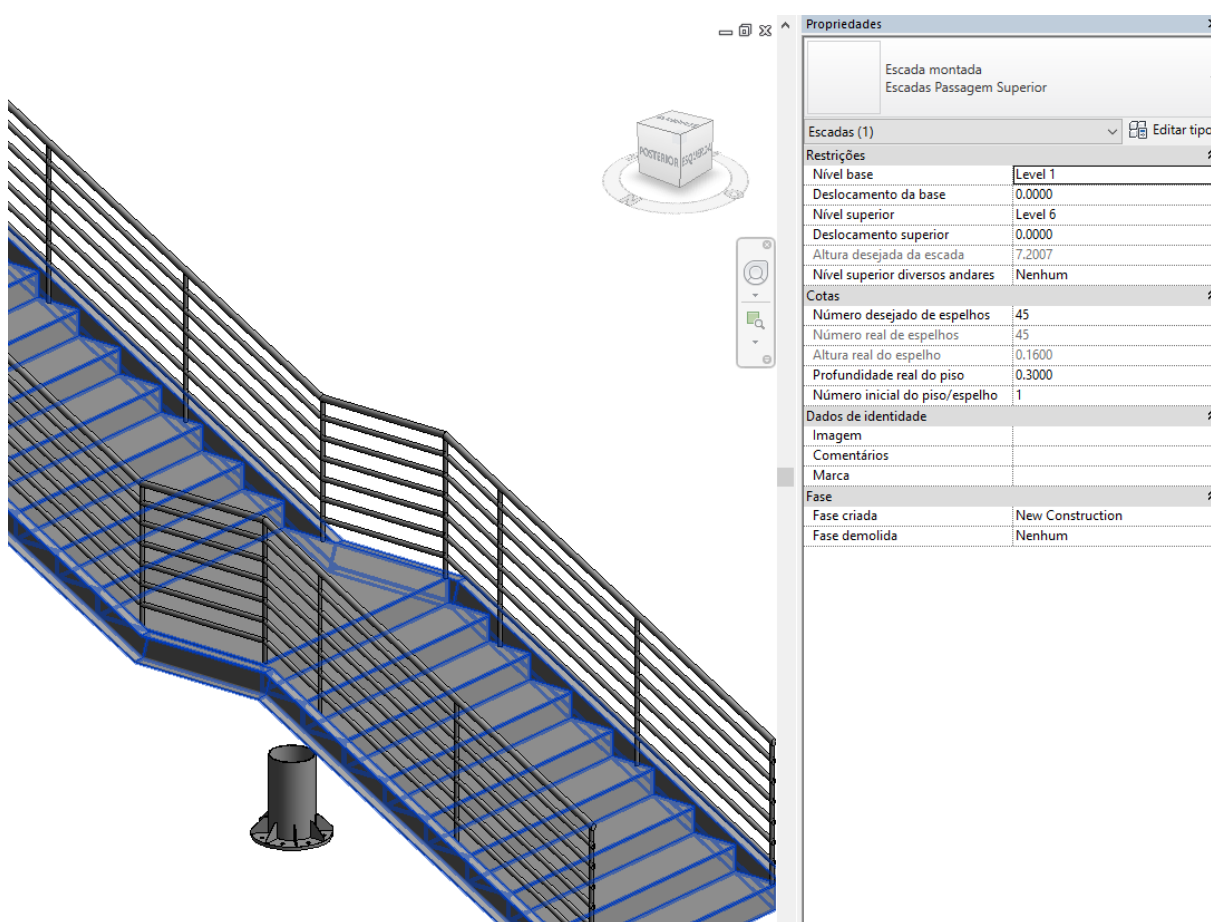


Fig.6.14 – Exemplo das propriedades de uma escada

Como se pode verificar, as famílias de escadas no *Revit*® aparentam ter, à primeira vista, informações muito pobres nas suas propriedades. No entanto quando se utiliza a opção “Editar tipo”, ter-se-á acesso aos parâmetros de tipo da escada. Estes parâmetros, como se pode observar através da Figura 6.15, transcendem a informação no mapa de quantidades e trabalhos e nas condições técnicas, que analisam cada elemento invidamente e não como um todo.

Propriedades de tipo X

Família: Família do sistema: Escada montada Carregar...

Tipo: Escadas Passagem Superior Duplicar...

Renomear...

Parâmetros de tipo

Parâmetro	Valor
<b>Regras de cálculo</b> <span>⬆</span>	
Altura máxima do espelho	0.1600
Profundidade mínima do piso	0.3000
Largura mínima do lance	1.7000
Regras de cálculo	<span>Edita...</span>
<b>Construção</b> <span>⬆</span>	
Tipo de trecho	50mm Tread 25mm Nosing 13mm Riser
Tipo de segmento de conexão	Non-Monolithic Landing
Função	Interior
<b>Suportes</b> <span>⬆</span>	
Suporte direito	Banzo (fechado)
Tipo de suporte direito	Stringer - UPN 180
Deslocamento lateral direito	0.0000
Suporte esquerdo	Banzo (fechado)
Tipo de suporte esquerdo	Stringer - UPN 180
Deslocamento lateral esquerdo	0.0000
Suporte mediano	<input type="checkbox"/>
Tipo de suporte mediano	Carriage - 50mm Width
Número do suporte mediano	0
<b>Gráficos</b> <span>⬆</span>	
Tipo de marca de corte	Single Zigzag
<b>Dados de identidade</b> <span>⬆</span>	
Tipo de imagem	
Nota-chave	
Modelo	
Fabricante	
Comentários de tipos	
URL	
Descrição	
Descrição de montagem	
Código de montagem	
Marca de tipo	
Custo	

Fig.6.15 – Propriedades de tipo de um vão de escadas

Ao nível das “Regras de cálculo”, podem ser definidos valores para os parâmetros que obedecem a restrições impostas ao nível da largura do vão, altura máxima do espelho e profundidade mínima do piso. A construção do vão no modelo obedece a regras de cálculo que podem ser estabelecidas garantindo a conformidade e uniformidade da escada no projeto. No que toca à “Construção”, torna-se importante analisar o tipo de trecho com especial atenção. Ao selecionar este parâmetro ter-se-á acesso a outro tipo de famílias correspondentes aos trechos. Esta família representa uma “família de sistema: Lance não monolítico” e está diretamente associada à família de escadas. Podem ser editados os materiais do piso e dos espelhos das escadas individualmente. É também possível *customizar* outros pormenores associados aos degraus como os perfis dos espelhos e dos pisos, assim com as espessuras respetivas de cada um. Exemplifica-se na Figura 6.16 um exemplo das propriedades de tipo de um lance não monolítico.

Propriedades de tipo

Família: Família do sistema: Lance não monolítico Carregar...

Tipo: 50mm Tread 25mm Nosing 13mm Riser Duplicar...

Renomear...

Parâmetros de tipo

Parâmetro	Valor
<b>Materiais e acabamentos</b>	
Material do piso	<Por categoria>
Material do espelho	<Por categoria>
<b>Pisos</b>	
Piso	<input checked="" type="checkbox"/>
Espessura do piso	0.0100
Perfil do piso	Padrão
Comprimento do bocel	0.0000
Perfil do bocel	Padrão
Aplicar perfil do bocel	Somente frente
<b>Espelhos</b>	
Espelho	<input checked="" type="checkbox"/>
Inclinado	<input type="checkbox"/>
Espessura do espelho	0.0100
Perfil do espelho	Padrão
Conexão espelho para piso	Estender o espelho atrás do piso
<b>Dados de identidade</b>	
Tipo de imagem	
Nota-chave	
Modelo	
Fabricante	
Comentários de tipos	
URL	
Descrição	
Descrição de montagem	
Código de montagem	
Marca de tipo	
Custo	

Fig.6.16 – Propriedades de tipo de um lance não monolítico

Os suportes laterais da escada, como se pode observar nas Figura 6.14 e 6.15, representam os perfis metálicos UPN 180 presentes no projeto. Ainda que efetivamente não exista no projeto, caso seja necessário, através do *Revit*® é possível adicionar um suporte no meio das escadas equidistante dos banzos laterais. Apesar de estes perfis se tratarem claramente de vigas, o *Revit*® não os considera como sendo uma família de vigas, mas sim uma família de banzos. Ao editar os tipos de suporte esquerdo ou direito da escada, o *Revit*® direciona o utilizador para as propriedades de tipo de uma família de banzos. Nesta família é possível editar o tipo de material nos banzos assim como definir o perfil de corte associado e o seu posicionamento relativamente ao vão. De notar que o perfil de corte no parâmetro das cotas é ainda uma outra família. As escadas são uma família tão complexa que dentro desta família estão inúmeras outras. Exemplifica-se na Figura 6.17 as propriedades de tipo de uma família de banzos.



Propriedades de tipo

Família: Família do sistema: Banzo

Tipo: Stringer - UPN 180

Carregar... Duplicar... Renomear...

Parâmetros de tipo

Parâmetro	Valor
<b>Materiais e acabamentos</b>	
Material	<Por categoria>
<b>Cotas</b>	
Perfil de corte	Profiles_U-Channels : UPN180
Inverter perfil de corte	<input checked="" type="checkbox"/>
Profundidade estrutural no trecho	0.0000
Profundidade estrutural no segmento de conexão	0.1800
Profundidade total	0.1800
Largura	0.0700
<b>Dados de identidade</b>	

Fig.6.17 – Propriedades de tipo de uma família de banzos

Relativamente às guardas, que são outra família separada das famílias de escadas, pode também dizer-se que representam uma das famílias mais ricas ao nível de detalhe. Ao nível de propriedades, dispõem apenas de algumas informações e restrições bastante básicas. Como se exemplifica na Figura 6.18 as propriedades gerais são relativas ao deslocamento da guarda relativamente ao banzo, dados de identidade, em que fase foi criada, etc. No entanto, é nas propriedades de tipo que esta família realmente se destaca.

Propriedades

Guarda-corpo  
900mm Pipe

Corrimãos (1) Editar tipo

**Restrições**

Nível base	
Deslocamento da base	0.0000
Deslocamento de piso/banzo	0.0254

**Cotas**

Comprimento	18.9003
-------------	---------

**Dados de identidade**

Imagem	
Comentários	
Marca	

**Fase**

Fase criada	New Construction
Fase demolida	Nenhum

Fig.6.18 – Propriedades de um guarda-corpos



Ao aceder às propriedades de tipo desta família, ter-se-á acesso a um conjunto de informações e detalhe como se exemplifica na Figura 6.19.

Propriedades de tipo

Família: Família do sistema: Guarda-corpo

Tipo: 900mm Pipe

Carregar...  
Duplicar...  
Renomear...

Parâmetros de tipo

Parâmetro	Valor
<b>Construção</b>	
Altura do guarda-corpo	0.9000
Estrutura do corrimão (não-continua)	Editar...
Colocação do balaústre	Editar...
Deslocamento do balaústre	0.0000
Utilize o ajuste da altura do patamar	Não
Ajuste da altura do patamar	0.0000
Uniões angulares	Adicionar segmentos verticais/horizontais
Uniões tangenciais	Estender corrimãos para encontrar
Conexões do corrimão	Recortar
<b>Corrimão superior</b>	
Altura	0.9000
Tipo	Circular - 40mm
<b>Corrimão 1</b>	
Deslocamento lateral	
Altura	
Posição	Nenhum
Tipo	Nenhum
<b>Corrimão 2</b>	
Deslocamento lateral	
Altura	
Posição	Nenhum
Tipo	Nenhum
<b>Dados de identidade</b>	

Fig.6.19 – Propriedades de tipo de um guarda-corpos

O nível de detalhe com que se pode descrever um guarda corpos é bastante extenso. Ao nível da construção, pode ser editada a estrutura do corrimão e a colocação de balaústres com os perfis desejados. Podem ser colocados vários corrimãos, o que é bastante importante visto que existem dois corrimãos no projeto. Além disso, podem ser selecionados múltiplos materiais para o mesmo guarda-corpos o que evidencia a elevada qualidade desta família de objetos.

Comparando o nível de informação das escadas e guarda-corpos presentes no *Revit*® com a informação presente nos mapas de quantidades e trabalhos e condições técnicas do projeto, depressa se perceberá que o conteúdo e as praticas correntes de elaboração destes documentos ficam aquém das informações que destes objetos podem ser retiradas. O que se verifica é que é possível elaborar um “mapa de quantidades e trabalhos” único para as escadas e para as guardas numa obra. Relativamente ao ProNIC®, estes objetos não ficam aparentemente atrás do nível de informação exigido, pois apresentam um maior grau de informação em vários aspetos não contemplados no protocolo.

### 6.2.2.6. Painéis metálicos verticais e horizontais

Apesar de os painéis metálicos existentes no pavimento do vão e nas esquadrias das caixas de elevadores serem essencialmente os mesmos elementos, o *Revit*® reconhece elementos verticais e horizontais como sendo pertencentes a famílias diferentes. Foi utilizada para o pavimento uma família de pisos e para os painéis metálicos nas esquadrias uma família de paredes. À primeira vista, quando se trabalha com o *Revit*®, não há uma percepção completa de que tipo de famílias se deve utilizar para cada situação. Neste caso, apesar de se tratarem de painéis metálicos verticais, considerou-se que faria sentido utilizar uma família de paredes. Foi criado um tipo de família de paredes que se denominou por “Chapa Metálica Ch. e=5mm” que é constituída unicamente por uma camada metálica com 5mm de espessura. Não faz sentido analisar para este caso em concreto a família de paredes e a família de pisos individualmente. No que toca ao nível de informação relevante para este capítulo, não se justifica criar uma diferenciação.

Analisando uma das chapas metálicas verticais presentes nas esquadrias da caixa de elevadores, ter-se-á acesso às propriedades como se exemplifica na Figura 6.20.

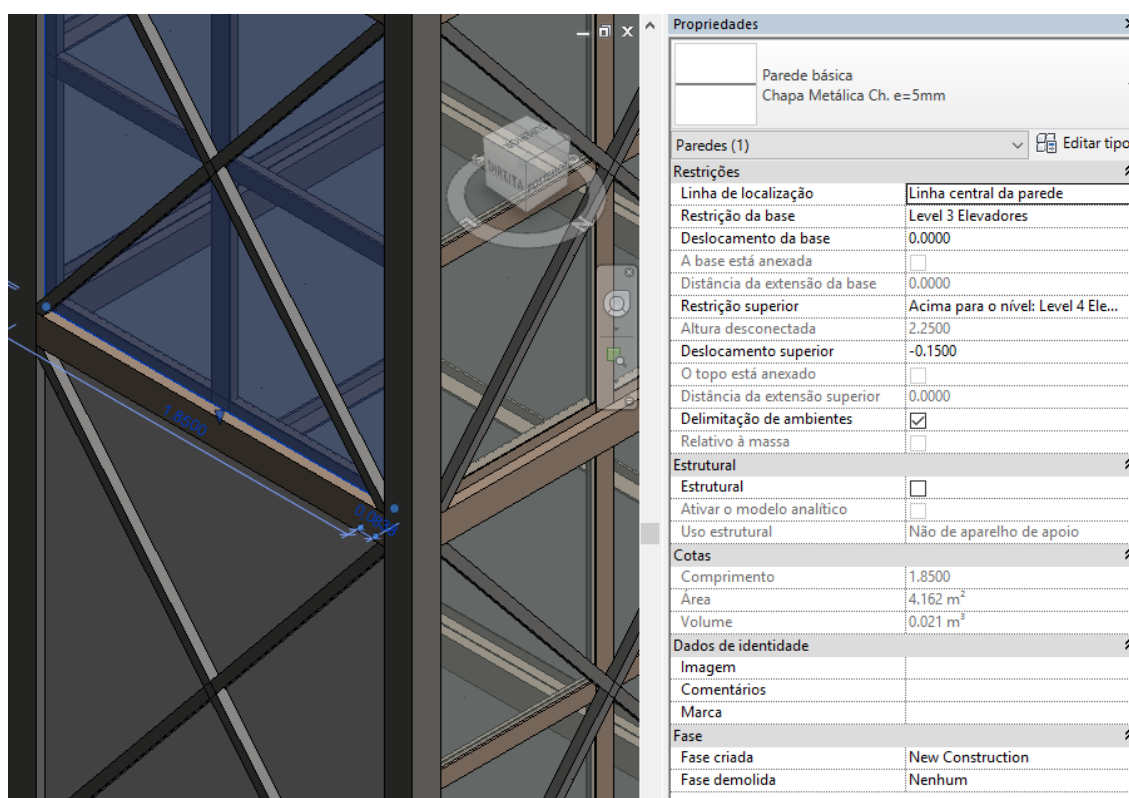


Fig.6.20 – Propriedades de uma parede

As restrições definem como é que a parede foi modelada enquanto que a subpropriedade “Estrutural” define ou não se o elemento em causa é estrutural. Isto terá utilidade se o modelo for posteriormente exportado para um programa de cálculo estrutural como é o caso do *Robot Structural Analysis*® [23]. Além disso, as propriedades fornecem informações relativamente a comprimentos, áreas e volumes da parede em questão.

As propriedades de tipo além dos gráficos, que definem a representação esquemática em cortes e alçados da parede, tem ainda o parâmetro “Construção” que permite definir, caso existam, as várias camadas da parede. Neste caso, só haverá uma camada com cerca de 5mm de espessura de acordo com o projeto. Além disso, há ainda uma propriedade com as propriedades analíticas da parede. Como se exemplifica na Figura 6.21, existem várias propriedades analíticas como o coeficiente de transferência de calor, a resistência térmica, etc. Estes valores podem obviamente ser editados, dependendo do tipo de material, e podem ter uma especial importância para fazer análises térmicas em *softwares* para esses fins. Isto só será possível se houver uma interoperabilidade entre o *Revit*® e esses *softwares*.

**Propriedades de tipo**

Família: Família do sistema: Parede básica

Tipo: Chapa Metálica Ch. e=5mm

Carregar... Duplicar... Renomear...

**Parâmetros de tipo**

Parâmetro	Valor
<b>Construção</b>	
Estrutura	Editar...
Virar nas inserções	Não virar
Virar nas extremidades	Nenhum
Largura	0.0050
Função	Exterior
<b>Gráficos</b>	
Padrão de preenchimento em escala de baixa resolu	Solid fill
Preenchimento de cor de escala de baixa resolução	Preto
<b>Materiais e acabamentos</b>	
Material estrutural	Aluminum
<b>Propriedades analíticas</b>	
Coeficiente de transferência de calor (U)	46000.0000 W/(m²·K)
Resistência térmica (R)	0.0000 (m²·K)/W
Massa térmica	1.13 kJ/K
Absorção	0.100000
Rugosidade	1
<b>Dados de identidade</b>	
Tipo de imagem	

Fig.6.21 – Propriedades de tipo de uma parede

Enquanto que no mapa de quantidades e trabalhos apenas nos é dito qual o material, a espessura e a quantidade em quilogramas, o *Revit*® oferece um grau de informação mais rico detalhando nomeadamente: áreas, volumes e materiais com propriedades analíticas além de outras informações que detalham o posicionamento do painel, etc. O mesmo se aplica relativamente ao ProNIC®.

### 6.2.3. SINALÉTICAS

O modo como o *Revit*® aborda as sinaléticas é bastante semelhante ao modo como trata os objetos genéricos ao nível de informação. Apesar de existirem famílias nativas concretas no *Revit*® para este tipo de objetos, estes são essencialmente objetos genéricos com uma geometria e desenho correspondentes à sinalética em causa. No entanto, o *Revit*® tem uma quantidade muito reduzida de

sinaléticas, pelo que os modeladores que trabalham com este tipo de *software* serão forçados a criar objetos no *Revit*® com a geometria e desenhos correspondentes. Dos exemplos disponíveis no *Revit*®, nenhum corresponde aos existentes no projeto. Exemplifica-se na Figuras 6.22 e 6.23 as propriedades gerais e propriedades de tipo de uma sinalética de emergência.

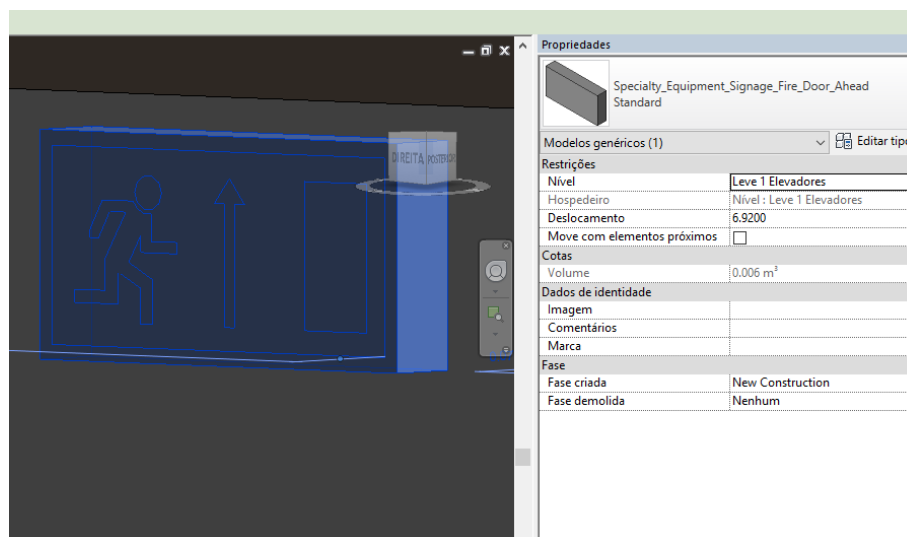


Fig.6.22 – Propriedades gerais de uma sinalética

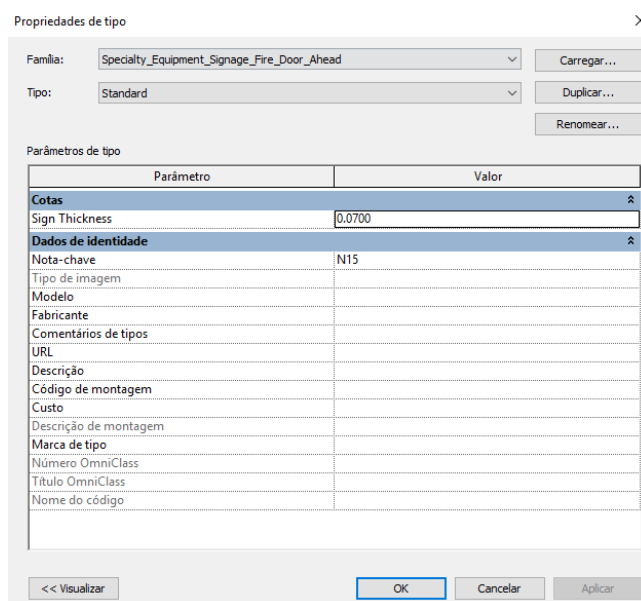


Fig.6.23 – Propriedades de tipo de uma sinalética

O nível de informação necessário para a correta descrição de uma sinalética vem de encontro ao que é proposto no ProNIC® e no mapa de quantidades e trabalhos. A questão que se coloca é se se justifica a

modelação de sinaléticas no *Revit*® para todos os casos. A resposta a esta problemática está relacionada com o *LOD* e *LOI* a prever para este tipo de objetos nas várias fases do projeto/construção

#### 6.2.4. LUMINÁRIAS

As luminárias são os objetos mais complexos que serão abordados no âmbito desta dissertação. O nível de informação exigido para fazer a correta descrição de uma luminária é bastante elevado como se percebe nos artigos do ProNIC®. A mais pequena diferença, ou variação de um parâmetro, pode fazer ascender os preços destes equipamentos a várias centenas de euros por luminária. Por este motivo, é de extrema importância perceber em que pontos o *Revit*® corresponde às exigências técnicas dispostas no ProNIC®. Para fazer uma avaliação correta acerca das diferenças de informação, é necessário avaliar em primeira instância os artigos do ProNIC® correspondentes às luminárias existentes. Serão feitas duas comparações. A primeira consistirá em utilizar uma luminária nativa do *Revit*® enquanto que na segunda será utilizada uma luminária fornecida pelo fabricante da luminária. Esta luminária é um objeto criado pelo fabricante utilizando o *Revit*®. O Quadro 6.1 mostra o mapa de quantidades e trabalhos das luminárias que foi feito em ProNIC®.

Quadro 6.1 – Mapa de trabalhos das luminárias no ProNIC®

CAP.29	LUMINÁRIAS_V2
29.9	LUMINÁRIAS ESTANQUES
29.9.1 [1]	Luminária estanque saliente <i>F1</i> , “anti-vândalo” em <i>aço zincado</i> com pintura em poliéster, de secção rectangular 390x200x70 mm, sistema óptico com reflector[es], com difusor em policarbonato <i>transparente texturado</i> , com graus de protecção IP 65 e IK 10, da classe I, equipada com 1 lâmpada(s) de fluorescente Compacta com potência unitária 24 W, de tensão estipulada 230 V 50Hz, incluindo fornecimento e montagem com todos os acessórios necessários, balastro electrónico-classe A1, de acordo com as peças desenhadas e o caderno de encargos.
29.9.1 [2]	Luminária estanque saliente <i>F1+K</i> , “anti-vândalo” em <i>aço zincado</i> com pintura em poliéster, de secção rectangular 390x200x70 mm, sistema óptico com reflector[es], com difusor em policarbonato <i>transparente texturado</i> , com graus de protecção IP 65 e IK 10, da classe I, equipada com 1 lâmpada(s) de fluorescente Compacta com potência unitária 24 W, de tensão estipulada 230 V 50Hz, incluindo fornecimento e montagem com todos os acessórios necessários, balastro electrónico-classe A1, kit de emergência, de acordo com as peças desenhadas e o caderno de encargos.
29.9.3	Luminária estanque tipo régua <i>F2+K</i> , “anti-vândalo” em <i>aço zincado</i> com pintura em poliéster de dimensões 1630x160x160 mm, sistema óptico com reflector[es], com difusor em policarbonato <i>transparente texturado</i> , com graus de protecção IP 65 e IK 10, da classe I, equipada com 2 lâmpada(s) de <i>fluorescentes tubulares</i> com potência

	unitária 58 W, de tensão estipulada 230 V 50Hz , incluindo fornecimento e montagem com todos os acessórios necessários, balastro electrónico-classe A1, kit de emergência, de acordo com as peças desenhadas e o caderno de encargos. Luminária garantindo um rendimento luminoso (mínimo) de 57 %, lâmpadas com eficácia luminosa (mínima) de 90 [Lm W], temperatura de cor - Tc de 4000 [K]
<b>29.12</b>	<b>LUMINÁRIAS DE EMERGÊNCIA</b>
<b>29.12.2</b>	<b>LUMINÁRIAS DE EMERGÊNCIA DE PAREDE</b>
29.12.2.1	Luminária de emergência saliente com uma face com sistema de teste , para parede E1 , “anti-vândalo” em policarbonato , de secção rectangular , com difusor em policarbonato opalino , com graus de protecção IP 65 e IK 10 , da classe II , equipada com 1 lâmpada(s) de TL com potência unitária 6 W, de tensão estipulada 1,2 V Bateria NiCd ,com autonomia até 1 horas, incluindo fornecimento e montagem com todos os acessórios necessários, kit de emergência, de acordo com as peças desenhadas e o caderno de encargos.

Infelizmente, o Revit® possui muito poucas luminárias técnicas. O que se quer com isto dizer é que as luminárias nativas são mais vocacionadas para uso habitacional. Tendo em conta que este projeto foge a esta realidade, não foi encontrada nenhuma luminária de emergência assim como as luminárias estanques descritas. Foi escolhida uma luminária de muro exterior para exemplificar as luminárias nativas. Não faz sentido comparar a descrição feita no ProNIC® com este objeto em concreto tendo em conta a abismal diferença ao nível de parâmetros e informação. No entanto, é relevante analisar o que é que se pode retirar destes objetos. Ao nível das propriedades de tipo, a luminária nativa permite fazer uma seleção de materiais para a armadura e para o filtro. No que toca a dados elétricos, é possível fazer uma descrição das cargas, classificação de cargas e tipos de lâmpadas. Outro parâmetro de tipo importante é o que define informações fotométricas. Estes valores podem ser editados de modo a *customizar* informações relativas à luz emitida. Isto pode ser importante para fazer estudos fotométricos específicos; Figura 6.24.

Como se pode constatar, torna-se pouco relevante comparar este objeto em concreto com as disposições no ProNIC®. Apesar de no objeto constarem algumas das informações presentes no caderno de encargos do ProNIC®, como é o caso da temperatura de cor ou o material da armadura, há informações que não estão contempladas. Graus de proteção, classes, informações sobre balastro entre muitos outros valores estão em falta.

Parâmetro	Valor
<b>Restrições</b>	
Elevação-padrão	2.7000
<b>Materiais e acabamentos</b>	
Material montado na parede	Metal - Acabamento pintado - Cinza escuro, fo
Material de sombra	Vidro
<b>Elétrico</b>	
Classificação de carga	Iluminação - Externa
Voltagem do transformador	120.00 V
Transformador por número de postes	1
Lâmpada	
Comentários de voltagem	
<b>Elétrico - Cargas</b>	
Carga aparente	70.00 VA
<b>Dados de identidade</b>	
Tipo de imagem	
Nota-chave	
Modelo	
Fabricante	
Comentários de tipos	
URL	
Descrição	
Código de montagem	
Custo	
Descrição de montagem	
Marca de tipo	
Número OmniClass	23.80.70.14.11.17
Título OmniClass	Wall or Ceiling Mounted External Lighting
Nome do código	
<b>Fotométricos</b>	
Ângulo de inclinação	-90.000°
Arquivo de rede fotométrica	WPE1MH.IES
Fator de perda de luz	1
Intensidade inicial	70.00 W @ 78.57 lm/W
Cor inicial	4000 K
Troca de temperatura da cor de lâmpada	<Nenhum>
Filtro de cor	Branco
Definição da fonte luminosa (família)	Ponto+ Teia fotométrica


Propriedades	
M_Luminária de muro - Exterior 120V	
Luminárias (1)  Editar tipo	
<b>Restrições</b>	
Hospedeiro	Escada montada : Escada
Elevação	5.6099
<b>Elétrico - Iluminação</b>	
Calcular coeficiente de utilização	<input checked="" type="checkbox"/>
Coeficiente de utilização	
ID da chave	
<b>Elétrico - Cargas</b>	
Painel	
Número do circuito	
<b>Dados de identidade</b>	
Imagem	
Comentários	
Marca	2
<b>Fase</b>	
Fase criada	New Construction
Fase demolida	Nenhum
<b>Elétrico - Circuitos</b>	
Dados elétricos	120 V/1-70 VA
<b>Outros</b>	
Nível de tabela	Leve 1 Elevadores

Fig.6.24 – Propriedades gerais e de tipo de uma luminária

Resta analisar a luminária do fabricante. Quando o projeto foi a concurso, não deveria ter nenhuma marca comercial discriminada no mapa de quantidades e trabalhos. No entanto, o objeto *Revit*® da luminária em questão foi retirado do website do fabricante descrito nas condições técnicas como uma “luminária tipo” para auxílio do empreiteiro na escolha da luminária correta. Não foi possível encontrar o modelo correspondente, mas todos os objetos dispostos pela marca aparentam ser idênticos relativamente ao nível de informação. A marca em questão que forneceu esta família de luminárias é a *ETAP.SCHRÉDER Lda.* [24].

Surpreendentemente, a luminária é incrivelmente rica ao nível de informação o que torna bastante óbvia, a importância dos fabricantes começarem a ter uma abordagem mais direta sobre *softwares* como o *Revit*®, para que se comecem a utilizar objetos ricos em informação que viabilizem o uso de tecnologias *BIM*. Exemplificam-se na Figura 6.25 as propriedades de tipo de da luminária de emergência, fornecida no website do fabricante, idêntica à existente no projeto.

Parâmetro	Valor
<b>Restrições</b>	
WT_H Straal pictogram	0.0015
WT_H Permanent	<input checked="" type="checkbox"/>
WT_H Lengte	0.3229
WT_H Breedte	0.1614
WT_H Verschuiving pictogram wand	0.1600
WT_H Referentie<Modelos genéricos>	Reference Geometry K2 : Surface
WT_H Parallele wandmontage	<input type="checkbox"/>
WT_H Optiek<Modelos genéricos>	Fresnel lens
WT_H Opbouw	<input checked="" type="checkbox"/>
WT_H Halve lengte negatief	-0.1794
WT_H Halve hoogte negatief	-0.0288
WT_H Halve breedte negatief	-0.0897
WT_H Halve breedte	0.0897
WT_H Haakse wandmontage	<input type="checkbox"/>
WT_H Signalisatiemogelijkheden_type	none
Elevação-padrão	1.0000
<b>Construção</b>	
WT_H Aansluitstuk<Modelos genéricos>	B_E Luminaire_connector - none : None
<b>Texto</b>	
WT_I Revit manual	
<b>Elétrico</b>	
Comentários de voltagem	
WT_I Voltage	230.00 V
Lâmpada	
<b>Elétrico</b>	
Comentários de voltagem	
WT_I Voltage	230.00 V
Lâmpada	
<b>Elétrico - Cargas</b>	
Carga aparente	0.00 VA
<b>Cotas</b>	
BE_G Width	0.1793
BE_G Length	0.3588
BE_G Height	0.0575
<b>Dados de identidade</b>	
WT_I BaseKeynote	68.8
Modelo	K1
Fabricante	Etap
Descrição	Noodverlichtingsarmatuur
Custo	0.00
BE_I Order code	K211/11P2
Tipo de imagem	
Nota-chave	
Comentários de tipos	
URL	
Código de montagem	
Descrição de montagem	
Marca de tipo	
Número OmniClass	
Título OmniClass	
Nome do código	
<b>Fotométricos</b>	
WT_I Lumen	500
<b>Propriedades do modelo</b>	
WT_I Function	Decentral system
WT_I Self test	EST
WT_I execution	surface
WT_I Specific execution	NVT
WT_I Permanent_Non permanent	perm.
WT_I Optic	fresnel lens
WT_I Lamp type	TC-S
WT_I Color	grijs
WT_I Battery type	NiMh 1,2V 4Ah
WT_I Autonomy	*60

Fig.6.25 – Propriedades de tipo de uma luminária de emergência criada pelo fabricante



Ainda que o nível de detalhe gráfico não seja relevante no âmbito deste capítulo, convém referir que estas luminárias apresentam um nível de detalhe consideravelmente elevado. Como se pode verificar através da Figura 6.25, existe uma quantidade gigantesca de informação para um único objeto. Ao comparar estes parâmetros com os referidos no artigo 29.12.2.1 do ProNIC® representados no Quadro 6.1, chega-se rapidamente à conclusão de que este objeto revela um maior número de parâmetros do que os que estão presentes nos artigos do ProNIC®, que é o que se passa em muitos dos casos. Isto não significa que todas as exigências do ProNIC® estejam parametrizadas no objeto. É interessante compreender de que modo se podem criar objetos adaptados ao ProNIC® e à legislação portuguesa de maneira a conter os parâmetros necessários para a cadeia da construção em Portugal.

Por último, conclui-se que há de facto uma disparidade considerável entre os objetos criados pelos fabricantes e os nativos do *Revit*®. Com isto, torna-se mais fácil compreender a importância da adoção do *BIM* de uma forma generalizada. Os projetos desenvolvidos com recurso a modelos serão tanto melhores quando os fabricantes tomarem um papel ativo no desenvolvimento e difusão dos seus objetos.

### **6.3. MAPAS DE QUANTIDADES E TRABALHOS E *ProNIC*®**

Neste subcapítulo foi realizada uma análise comparativa geral entre o mapa de quantidades e trabalhos original e um mapa de quantidades e trabalhos criado no ProNIC®. O mapa de quantidades e trabalhos realizado no ProNIC® encontra-se no anexo 1. O quadro comparativo encontra-se no anexo 2.



## 7

## CONCLUSÃO

## 7.1. CONCLUSÕES GERAIS

Através do uso do *Revit*® e da exploração do ProNIC®, foi possível dar uma resposta bastante concreta aos dois objetivos inicialmente propostos.

O primeiro, que pretendia verificar as possíveis vantagens da utilização de suportes de modelação (neste caso em particular, o *Revit*®) quando comparado com projetos em *CAD*, mostrou genericamente que há vantagens substanciais no seu uso. Neste âmbito foram utilizadas essencialmente as peças desenhadas. A primeira mais valia prende-se com o facto de haver uma poupança notável de tempo quando se usa o *Revit*® devido à natureza deste *software*. O método de modelar por objetos permitiu colocar objetos tridimensionais com dimensões pré-definidas no modelo de acordo com o projeto original. Isso permitiu criar cortes, alçados e plantas automáticas unívocas do modelo sem erros. A diferença é que quando se trabalha em *CAD*, é necessário criar um conjunto de linhas para criar estes elementos. O problema deste método, como se verificou no Capítulo 5, é que além de se perder bastante tempo a criar um único corte, planta ou alçado, também se dá aso à possibilidade de existirem incompatibilidades entre cada um destes elementos. Esta conclusão assenta essencialmente nos objetos da estrutura metálica visto que estes representam o grosso da infraestrutura. Importa referir que foi necessário um esforço inicial de identificação e investigação para compreender o funcionamento básico do *software* de modelação.

O segundo objetivo nasceu da necessidade de realizar uma verificação ao nível da informação dos objetos do *Revit*®. Partindo dos dois elementos de projeto originais para este caso em concreto, peças escritas, condições técnicas, e sempre que necessário as peças desenhadas, foi possível fazer uma comparação concreta e individual entre estes elementos e o ProNIC®. Ao realizar um mapa de quantidades e trabalhos no ProNIC® para elementos metálicos, sinaléticas e luminárias, foi possível verificar em que tipo de elementos são propícios de apresentarem maiores disparidades nos diferentes mapas de quantidades e trabalhos. Após esta análise, foi realizada uma outra mais extensiva que compara os mapas de quantidades e trabalhos do ProNIC® com o *Revit*®. A conclusão a que se chegou foi a de que apesar dos elementos metálicos e as sinaléticas nativas do *Revit*® apresentarem graus de informação bastante aceitáveis, as luminárias não seguem este pressuposto. De um modo geral os objetos de especialidade mais complexos na indústria da construção não têm uma representação que respeite as exigências de especificação ao nível da informação. No entanto, existem objetos fornecidos por fabricantes, como foi abordado no Capítulo 6, que dão uma resposta muito superior às exigências de informação. Estes objetos que são modelados pelos fabricantes provam a necessidade de o *BIM* não poder funcionar isoladamente. Todas as entidades da indústria devem tomar um papel ativo na adoção uso desta metodologia.

Concluiu-se finalmente que, apesar de as metodologias *BIM* apresentarem sérias vantagens, ainda há um longo caminho a percorrer que transcende os desenvolvimentos tecnológicos. É necessário dinamizar e implementar medidas concretas [18] para que haja uma adoção generalizada do BIM na indústria.

## 7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

As ideias e conclusões reproduzidas nesta dissertação podem proporcionar a realização de trabalhos futuros. As duas principais conclusões retiradas podem ser pontos de partida importantes para diversos temas.

A primeira ideia consiste em compreender até que ponto é possível criar uma biblioteca limitada de objetos em *softwares* como o *Revit*®. O objetivo, neste caso, é entender se é possível parametrizar esses objetos de acordo com o ProNIC®, garantindo assim a existência de uma biblioteca pronta a utilizar adotada à realidade portuguesa. Esta ideia pode passar também por abordar outros objetos/elementos desta obra.

Outra proposta pode passar por fazer uma análise extensiva sobre a interoperabilidade entre *softwares* distintos. Analisar não só *softwares* de modelação por objetos, mas também *softwares* que trabalhem com os mesmos. Realizar uma análise ao *IFC* e ao *COBie*.

Por ultimo, seria importante compreender em que ponto se encontram as empresas que já utilizam processos *BIM* em Portugal e verificar quais são os seus grandes desafios atualmente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://www.infraestruturasdeportugal.pt/rede/ferroviaria/desenvolvimento-da-rede/plano-investimentos-14-20>. Julho de 2016.
- [2] <http://www.csun.edu/~ji687095/618/files/assignments/03-flash/html/maini2.html>. 24 de junho de 2016.
- [3] <http://www.autodesk.pt/>. Junho de 2016.
- [4] D. C. , Engelbart. *AUGMENTING HUMAN INTELLECT: A Conceptual Framework*. Outubro de 1962. [http://web.stanford.edu/dept/SUL/library/extra4/sloan/mousesite/EngelbartPapers/B5\\_F18\\_ConceptFrameworkInd.html](http://web.stanford.edu/dept/SUL/library/extra4/sloan/mousesite/EngelbartPapers/B5_F18_ConceptFrameworkInd.html). 20 de junho de 2016.
- [5] Alexander, Christopher. *Notes on the Synthesis of Form*. Harvard University Press, 1964.
- [6] <http://www.ime.usp.br/~lye/hp/sg3d/objetos.html>. junho de 2016.
- [7] Terceira edição Curso BIM. <http://www.cursobim.com/>.
- [8] <https://www.nationalbimstandard.org/faqs>. junho de 2016.
- [9] <https://www.thenbs.com/knowledge/isnt-bim-just-3d-cad>. julho de 2016.
- [10] <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>. Julho de 2016.
- [11] Reinhardt, Jan. *LEVEL OF DEVELOPMENT SPECIFICATION*. Outubro de 2015. <http://bimforum.org/lod/>. Julho de 2016.
- [12] Sinclair, Dale; Brady, Angela. *BIM Overlay to the RIBA Outline Plan of Work*. Maio de 2012. <https://www.architecture.com/files/ribaprofessionalservices/practice/general/bimoverlaytotheribaoutlineplanofwork2007.pdf>. Junho de 2016.
- [13] <http://lanmarservices.com/2014/05/14/lod-in-scan-to-bim/>. Julho de 2016
- [14] Kell, Alistair; Mordue, Stefan. *LEVELS OF DEFINITIONS*. 7 de maio de 2015. <https://toolkit.thenbs.com/articles/levels-of-definition/>. Junho de 2016.
- [15] <http://www.ptpc.pt/index.php/pt/documentos-associacao/category/24-2-forum-ptpc-tecnologias-da-construcao-na-resposta-a-novos-desafios?download=71:gt4-sistemas-de-informacao-na-construcao>. Junho de 2016.
- [16] <http://www.anmp.pt/anmp/doc/Djur/2008/ccp/PRT701-H-2008.pdf>. Abril de 2016.
- [17] 2011 - SOUSA, H., MOREIRA, J., MÊDA, P. - Projeto, Gestão e Execução de Obras – Contributos do ProNIC, *ICEUBI2011 International Conference on Engineering UBI2011 - Innovation and Development*, Covilhã – Portugal.
- [18] Robert Owen, Robert Amor, John Dickinson, Matthijs Prins & Arto Kiviniemi. *Integrated Design & Delivery Solutions*. International Council for Research and Innovation in Building and Construction. Março de 2013.
- [19] Succar , Bilal; Kassem, Mohamad. *Automation in Construction*. Elsevier, 25/Abril/2015.
- [20] <http://www.conduril.pt/>. Julho de 2016.
- [21] [http://www.tcontas.pt/pt/actos/rel\\_auditoria/2016/1s/audit-dgtc-rel001-2016-1s.pdf](http://www.tcontas.pt/pt/actos/rel_auditoria/2016/1s/audit-dgtc-rel001-2016-1s.pdf). Julho de 2016.

- [22] <http://gobim.com/>. Julho de 2016
- [23] <http://www.autodesk.pt/products/simulation/features/robot-structural-analysis/all/gallery-view>.  
Julho de 2016.
- [24] <http://www.etaplighting.com/level2.aspx?seq=68&seqpicture=2228&name=Ilumina%C3%A7%C3%A3o%20de%20emerg%C3%Aancia&LangType=2070>. Julho de 2016.

**ANEXOS**





## **ANEXO 1- MAPA DE QUANTIDADES REALIZADO NO PRONIC©**

Artigo	Designação
Nº	
	<p><b>Notas prévias</b></p> <p>As eventuais referencias a marcas, de materiais, de produtos ou de equipamentos, são apresentadas a titulo meramente indicativo do nível de qualidade pretendido, devendo entender-se como associadas ao termo " ou equivalente".</p> <p>Todos os trabalhos deverão ser realizados de acordo com o projecto (peças escritas e desenhadas) e satisfazendo o especificado no Caderno de Encargos.</p>
<b>CAP.8</b>	<b>ESTRUTURAS METÁLICAS</b>
<b>8.1</b>	<b>TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO EM GERAL</b>
<b>8.1.1</b>	<b>ESTRUTURAS EM AÇO</b>
8.1.1.1 [1]	Execução de vigas estruturais em aço de qualidade ligado laminado a quente , de classe de resistência S275 JR , incluindo ligações por aparafusamento , de acordo com especificações e pormenores de projecto.
8.1.1.1.1 [1.1]	Perfil <i>Oco retangular</i> 150x150x10 , em alinhamento recto de classe de medição B .
8.1.1.1 [2]	Execução de vigas estruturais em aço de qualidade ligado laminado a quente , de classe de resistência S275 JR , incluindo ligações por soldadura , de acordo com especificações e pormenores de projecto.
8.1.1.1.1 [2.2]	Perfil <i>Oco retangular</i> 150x150x5 , em alinhamento recto de classe de medição B .
8.1.1.1.1 [2.3]	Perfil UPN 160 , em alinhamento recto de classe de medição B .
8.1.1.1.1 [2.4]	Perfil T NP90 , em alinhamento recto de classe de medição B .
8.1.1.1.1 [2.5]	Perfil L NP150x150x12 , em alinhamento recto de classe de medição B .
8.1.1.1.1 [2.6]	Perfil L NP80X80X8 , em alinhamento recto de classe de medição B .

8.1.1.1.1 [2.7]	Perfil L <i>PN50X50X5</i> , em alinhamento recto de classe de medição B .
8.1.1.1.1 [2.8]	Perfil L <i>PN 40x40x4</i> , em alinhamento recto de classe de medição B .
8.1.1.2 [1]	Execução de pilares estruturais em aço de qualidade ligado laminado a quente , de classe de resistência S275 JR , incluindo ligações por aparafusamento , de acordo com especificações e pormenores de projecto.
8.1.1.2.1 [1.1]	Perfil <i>Secção Tubular 610mm</i> , em alinhamento recto de classe de medição B .
8.1.1.2.1 [1.2]	Perfil <i>Secção Tubular 273 mm</i> , em alinhamento recto de classe de medição B .
8.1.1.2 [2]	Execução de pilares estruturais em aço de qualidade ligado laminado a quente , de classe de resistência S275 JR , incluindo ligações por soldadura , de acordo com especificações e pormenores de projecto.
8.1.1.2.1 [2.3]	Perfil <i>Oco retangular 150x150x5</i> , em alinhamento recto de classe de medição B .
8.1.1.2.1 [2.4]	Perfil <i>Oco retangular 50x50x5</i> , em alinhamento recto de classe de medição B .
8.1.1.5	Execução de escadas em aço de qualidade ligado laminado a quente , de classe de resistência S275 JR , incluindo ligações por aparafusamento , de acordo com especificações e pormenores de projecto.
8.1.1.5.1 [1]	Perfil UPN <i>180</i> , em alinhanemto curvo de classe de medição B .
8.1.1.13 [1]	Fornecimento e montagem de chapas <i>elevador</i> , em aço de qualidade ligado laminado a quente , de classe de resistência S275 JR , incluindo ligações por soldadura , de acordo com especificações e pormenores de projecto.
8.1.1.13.1 [1.1]	Com <i>0.005</i> [m] de espessura
8.1.1.13.1 [1.4]	Com <i>0.016</i> [m] de espessura
8.1.1.13.1 [1.8]	Com <i>0.008</i> [m] de espessura
8.1.1.13.1 [1.9]	Com <i>0.006</i> [m] de espessura
8.1.1.13.1 [1.10]	Com <i>0.004/0.006</i> [m] de espessura , <i>Chapa gota (folha de oliveira)</i>

8.1.1.13 [2]	Fornecimento e montagem de chapas <i>de ligação entre cachorro e escadas</i> , em aço de qualidade ligado laminado a quente, de classe de resistência S275 JR, incluindo ligações por aparafusamento, de acordo com especificações e pormenores de projecto.
8.1.1.13.1 [2.2]	Com 0.025 [m] de espessura
8.1.1.13.1 [2.3]	Com 0.02 [m] de espessura
8.1.1.13.1 [2.4]	Com 0.016 [m] de espessura
8.1.1.13.1 [2.5]	Com 0.015 [m] de espessura
8.1.1.13.1 [2.6]	Com 0.012 [m] de espessura
8.1.1.13.1 [2.7]	Com 0.01 [m] de espessura
<b>CAP.15</b>	<b>ELEMENTOS DE SERRALHARIA</b>
<b>15.1</b>	<b>TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO EM GERAL</b>
<b>15.1.10</b>	<b>GRADEAMENTOS, GUARDAS E CORRIMÃOS</b>
15.1.10.1 [1]	Fornecimento e colocação de guarda de aço, de 0.9 [cm] de altura para aplicação em escada de local público, incluindo fixação através de <i>aparafusamento ao perfil da escada</i> , ferragens, transporte, carga, descarga e colocação, respeitando os desenhos de pormenor e o caderno de encargos.
15.1.10.1.1 [1.1]	Vãos de referência, do Mapa de Vãos
15.1.10.1 [2]	Fornecimento e colocação de guarda de aço, de 0.90 [cm] de altura para aplicação em vão de local público, incluindo fixação através de <i>aparafusamento ao vão</i> , ferragens, transporte, carga, descarga e colocação, respeitando os desenhos de pormenor e o caderno de encargos.
15.1.10.1.1 [2.1]	Vãos de referência, do Mapa de Vãos

<b>CAP.25</b>	<b>EQUIPAMENTO FIXO E MÓVEL</b>
<b>25.1</b>	<b>TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO EM GERAL</b>
<b>25.1.5</b>	<b>SINALÉTICA E EXTINTORES</b>
<b><u>25.1.5.1</u></b>	<b><u>SINALÉTICA</u></b>
<b><u>25.1.5.1.6</u></b>	<b><u>Sinalética de Informação</u></b>
25.1.5.1.6.1 [1]	Fornecimento e colocação de placas de sinalização de informação , <i>Linha 1</i> em <i>chapa de alumínio termolacado</i> com 600x300 mm, de acordo com as especificações de projecto e o caderno de encargos. <i>P1</i>
25.1.5.1.6.1 [2]	Fornecimento e colocação de placas de sinalização de informação , <i>Linha 2</i> em <i>chapa de alumínio termolacado</i> com 600x300 mm, de acordo com as especificações de projecto e o caderno de encargos. <i>P2</i>
25.1.5.1.6.1 [3]	Fornecimento e colocação de placas de sinalização de informação , <i>Saída (Exit)</i> em <i>chapa de alumínio termolacado</i> com 900x300 mm, de acordo com as especificações de projecto e o caderno de encargos. <i>P3</i>
25.1.5.1.6.1 [4]	Fornecimento e colocação de placas de sinalização de informação , <i>Linha 1 Saída (Exit) Águas Santas (cima)</i> em <i>chapa de alumínio termolacado</i> com 150x900 mm, de acordo com as especificações de projecto e o caderno de encargos. <i>P4</i>
25.1.5.1.6.1 [5]	Fornecimento e colocação de placas de sinalização de informação , <i>Linha 2 Saída (Exit) Palmilheira (cima)</i> em <i>chapa de alumínio termolacado</i> com 900x150 mm, de acordo com as especificações de projecto e o caderno de encargos. <i>P5</i>
25.1.5.1.6.1 [6]	Fornecimento e colocação de placas de sinalização de informação , <i>Linha 1 Saída (Exit) Águas Santas (baixo)</i> em <i>chapa de alumínio termolacado</i> com 900x150 mm, de acordo com as especificações de projecto e o caderno de encargos. <i>P6</i>
25.1.5.1.6.1 [7]	Fornecimento e colocação de placas de sinalização de informação , <i>Linha 2 Saída (Exit) Palmilheira (baixo)</i> em <i>chapa de alumínio termolacado</i> com

	900x150 mm, de acordo com as especificações de projecto e o caderno de encargos. <i>P7</i>
<b>CAP.29</b>	<b>LUMINÁRIAS_V2</b>
<b>29.9</b>	<b>LUMINÁRIAS ESTANQUES</b>
29.9.1 [1]	Luminária estanque saliente <i>F1</i> , “anti-vândalo” em <i>aço zincado</i> com pintura em poliéster, de secção rectangular 390x200x70 mm, sistema óptico com reflector[es], com difusor em policarbonato <i>transparente texturado</i> , com graus de protecção IP 65 e IK 10, da classe I, equipada com 1 lâmpada(s) de fluorescente Compacta com potência unitária 24 W, de tensão estipulada 230 V 50Hz, incluindo fornecimento e montagem com todos os acessórios necessários, balastro electrónico-classe A1, de acordo com as peças desenhadas e o caderno de encargos.
29.9.1 [2]	Luminária estanque saliente <i>F1+K</i> , “anti-vândalo” em <i>aço zincado</i> com pintura em poliéster, de secção rectangular 390x200x70 mm, sistema óptico com reflector[es], com difusor em policarbonato <i>transparente texturado</i> , com graus de protecção IP 65 e IK 10, da classe I, equipada com 1 lâmpada(s) de fluorescente Compacta com potência unitária 24 W, de tensão estipulada 230 V 50Hz, incluindo fornecimento e montagem com todos os acessórios necessários, balastro electrónico-classe A1, kit de emergência, de acordo com as peças desenhadas e o caderno de encargos.
29.9.3	Luminária estanque tipo régua <i>F2+K</i> , “anti-vândalo” em <i>aço zincado</i> com pintura em poliéster de dimensões 1630x160x160 mm, sistema óptico com reflector[es], com difusor em policarbonato <i>transparente texturado</i> , com graus de protecção IP 65 e IK 10, da classe I, equipada com 2 lâmpada(s) de <i>fluorescentes tubulares</i> com potência unitária 58 W, de tensão estipulada 230 V 50Hz, incluindo fornecimento e montagem com todos os acessórios necessários, balastro electrónico-classe A1, kit de emergência, de acordo com as peças desenhadas e o caderno de encargos. Luminária garantindo um rendimento luminoso (mínimo) de 57 %, lâmpadas com eficácia luminosa (mínima) de 90 [Lm /W], temperatura de cor - Tc de 4000 [K]
<b>29.12</b>	<b>LUMINÁRIAS DE EMERGÊNCIA</b>
<b>29.12.2</b>	<b>LUMINÁRIAS DE EMERGÊNCIA DE PAREDE</b>

29.12.2.1	<p>Luminária de emergência saliente com uma face com sistema de teste , para parede <i>E1</i> , “anti-vândalo” em policarbonato , de secção rectangular , com difusor em policarbonato opalino , com graus de protecção IP 65 e IK 10 , da classe II , equipada com 1 lâmpada(s) de <i>TL</i> com potência unitária 6 W, de tensão estipulada 1,2 V <i>Bateria NiCd</i> ,com autonomia até 1 horas, incluindo fornecimento e montagem com todos os acessórios necessários, kit de emergência, de acordo com as peças desenhadas e o caderno de encargos.</p>
-----------	--





## **ANEXO 2- ANALISE DO MAPA DE QUANTIDADES ORIGINAL**

Mapa de trabalhos e quantidades		Apresenta Conformidade	Conformidade Moderada	Baixa Conformidade	Observações	Código correspondente ao PronNIC
5.4	<b>ESTRUTURA METÁLICA</b>					8.1.1
5.4.1	Fornecimento e montagem de elementos metálicos, em aço S275, incluindo ligações e acessórios, decapagem ao grau Sa 2.1/2 , incluindo ligações, acessórios e tratamento de acordo com as Condições Técnicas e Definição de Preços Unitários		X		Falta especificar com mais clareza o tipo de aço. Não menciona que o aço é S275 JR. Não é referido o tipo de ligações. Também não é referido se os elementos correspondem a vigas ou pilares	8.1.1.1/8.1.1.2
5.4.1.1	Aço enformado	-	-	-	-	8.1.1.1
5.4.1.1.1	Perfil oco de secção circular de diâmetro 610 mm e espessura de 8,8 mm	X			Falta especificar a classe de medição e se se trata ou não de um alinhamento reto.	8.1.1.1.1
5.4.1.1.2	Perfil oco de secção circular de diâmetro 273 mm e espessura de 6,3 mm	X			Falta especificar a classe de medição e se se trata ou não de um alinhamento reto.	8.1.1.1.1
5.4.1.1.3	Perfil oco retangular 150x150x10	X			Falta especificar a classe de medição e se se trata ou não de um alinhamento reto.	8.1.1.1.1

5.4.1.1.4	Perfil oco retangular 150x150x5	X			Falta especificar a classe de medição e se se trata ou não de um alinhamento reto.	8.1.1.1.1
5.4.1.1.5	Tubo oco de secção quadrada 50x50x5	X			Falta especificar a classe de medição e se se trata ou não de um alinhamento reto.	8.1.1.1.1
5.4.1.1.6	Tubo de Ø 50 mm em corrimão		X		Apresenta algumas desconformidades como a altura a que se vai colocar o perfil e o tipo de ligações.	15.1.10.1.1
5.4.1.1.7	Tubo de Ø 40 mm em corrimão		X		Apresenta algumas desconformidades como a altura a que se vai colocar o perfil e o tipo de ligações.	15.1.10.1.1
5.4.1.2	Aço em elementos laminados	-	-	-	-	8.1.1.1
5.4.1.2.1	Perfil UPN 180		X		Não refere que o perfil tem alinhamento curvo nem detalha e a sua classe de medição. Falta também referir que este elemento é utilizado na execução das escadas.	8.1.1.5
5.4.1.2.2	Perfil UPN 160	X			Falta especificar a classe de medição e se se trata ou não de um alinhamento reto.	8.1.1.1.1

5.4.1.2.3	Perfil TPN 90	X			Falta especificar a classe de medição e se se trata ou não de um alinhamento reto.	8.1.1.1.1
5.4.1.2.4	Cantoneira LNP 150x150x12	X			Falta especificar a classe de medição e se se trata ou não de um alinhamento reto.	8.1.1.1.1
5.4.1.2.5	Cantoneira LNP 80x80x8	X			Falta especificar a classe de medição e se se trata ou não de um alinhamento reto.	8.1.1.1.1
5.4.1.2.6	Cantoneira LPN 50x50x5	X			Falta especificar a classe de medição e se se trata ou não de um alinhamento reto.	8.1.1.1.1
5.4.1.2.7	Cantoneira LPN 40x40x4	X			Falta especificar a classe de medição e se se trata ou não de um alinhamento reto.	8.1.1.1.1
5.4.1.2.8	Barra 70x20	-	-	-	Elemento de pormenor da guarda não mencionado no ProNIC	-
5.4.1.2.9	Barra 70x10	-	-	-	Elemento de pormenor da guarda não mencionado no ProNIC	-

5.4.1.2.10	Varão de Ø 12 mm	-	-	-	Elemento de pormenor da guarda não mencionado no ProNIC	-
5.4.1.2.11	Chapa de 25 mm de espessura	X			Falta especificar localização e ligações	8.1.1.13.1
5.4.1.2.12	Chapa de 20 mm de espessura	X			Falta especificar localização e ligações	8.1.1.13.1
5.4.1.2.13	Chapa lisa de 16 mm de espessura	X			Falta especificar localização e ligações	8.1.1.13.1
5.4.1.2.14	Chapa lisa de 15 mm de espessura	X			Falta especificar localização e ligações	8.1.1.13.1
5.4.1.2.15	Chapa lisa de 12 mm de espessura	X			Falta especificar localização e ligações	8.1.1.13.1
5.4.1.2.16	Chapa lisa de 10 mm de espessura	X			Falta especificar localização e ligações	8.1.1.13.1
5.4.1.2.17	Chapa lisa de 8 mm de espessura	X			Falta especificar localização e ligações	8.1.1.13.1
5.4.1.2.18	Chapa lisa de 6 mm de espessura	X			Falta especificar localização e ligações	8.1.1.13.1
5.4.1.2.19	Chapa lisa de 5 mm de espessura, nas paredes, cobertura e palas das caixas dos elevadores, de acordo com desenho de pormenor.	X			Falta especificar tipo de ligações	
5.4.2	Fornecimento e montagem dos pavimentos, em aço S275, em chapa de aço lisa, com lixagem de toda a superfície e uma limpeza ao grau Sa 2 1/2 , com tratamento e acabamento de acordo com as Condições Técnicas e Definição de Preços Unitários.	X			Falta especificar com mais clareza o tipo de aço. Não menciona que o aço é S275 JR. Não é referido o tipo de ligações.	8.1.1.13

5.4.2.1	Chapa lisa de 8 mm de espessura, no pavimento do tabuleiro	X			Falta especificar tipo de ligações	8.1.1.13.1
5.4.3	Fornecimento e montagem de elementos metálicos, em aço S275, incluindo ligações e acessórios, decapagem ao grau Sa 2.1/2 e tratamento e acabamento de acordo com o definido nas Condições Técnicas e Definição de Preços Unitários.	X			Falta especificar com mais clareza o tipo de aço. Não menciona que o aço é S275 <b>JR</b> . Não é referido o tipo de ligações.	8.1.1.13
5.4.3.1	Chapa gota (folha de oliveira), de 4/6 mm de espessura, no pavimento das escadas	X			Falta especificar tipo de ligações	8.1.1.13.1
<b>5.7</b>	<b>SINALÉTICA</b>					25.1.5.1
5.7.1	Fornecimento e montagem de painéis de sinalética em chapa de alumínio termolacado, de acordo com o desenho específico e respeitando as características do Manual de Sinalética - Guia para aplicação gráfica de sinalética em estações ferroviárias REFER MN.CCA.001, e Condições Técnicas incluindo suportes, fixações, pictogramas e texto em vinil autocolante e todos os restantes acessórios e trabalhos complementares, de acordo com desenho de projeto	X				25.1.5.1.6

5.7.1.1	Painel tipo P1, com as dimensões 600 x 300 mm e modulação 300 x 300 mm, dupla face, com fixação em bandeira	X				25.1.5.1.6.1
5.7.1.2	Painel tipo P2, com as dimensões 600 x 300 mm e modulação 300 x 300 mm, dupla face, com fixação em bandeira	X				25.1.5.1.6.1
5.7.1.3	Painel tipo P3, com as dimensões 900 x 300 mm e modulação 300 x 300 mm, uma face, com fixação em poste	X				25.1.5.1.6.1
5.7.1.4	Painel tipo P4, com as dimensões 900 x 150 mm e modulação 150 x 150 mm, uma face, com fixação em parede	X				25.1.5.1.6.1
5.7.1.5	Painel tipo P5, com as dimensões 900 x 150 mm e modulação 150 x 150 mm, uma face, com fixação em parede	X				25.1.5.1.6.1
5.7.1.6	Painel tipo P6, com as dimensões 900 x 150 mm e modulação 150 x 150 mm, uma face, com fixação em parede	X				25.1.5.1.6.1
5.7.1.7	Painel tipo P7, com as dimensões 900 x 150 mm e modulação 150 x 150 mm, uma face, com fixação em parede	X				25.1.5.1.6.1
<b>5.8.5</b>	<b>ILUMINAÇÃO</b> - Inclui o fornecimento e montagem de todos os acessórios e trabalhos complementares necessários, nomeadamente, buçins, lâmpadas, driver's, balastros eletrônicos, cablagem, acessórios de fixação e ligação.					29

5.8.5.1	Fornecimento e montagem de armadura de iluminação do tipo F1.			X	Apenas é especificada a marca	29.9.1
5.8.5.2	Fornecimento e montagem de armadura de iluminação do tipo F1+K.			X	Apenas é especificada a marca	29.9.1
5.8.5.3	Fornecimento e montagem de armadura de iluminação do tipo F2+k.			X	Apenas é especificada a marca	29.9.3
5.8.5.4	Fornecimento e montagem de armadura de iluminação de segurança, permanente, do tipo E1. Inclui pictograma normalizado - SAÍDA DE EVACUAÇÃO PARA A ESQUERDA, aplicado em fábrica na luminária.			X	Apenas é especificada a marca	29.12.2.1
5.8.5.5	Fornecimento e montagem de armadura de iluminação de segurança, permanente, do tipo E1. Inclui pictograma normalizado - SAÍDA DE EVACUAÇÃO PARA A DIREITA, aplicado em fábrica na luminária.			X	Apenas é especificada a marca	29.12.2.1